



**Escola Politècnica Superior
d'Enginyeria de Manresa**

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

CASC PER A PERSONAL DE SERVEIS D'EMERGÈNCIA CONTROLAT PER VEU

Agraïments:

Als meus pares per donar-me aquesta oportunitat.

També a l'inspector Jordi Vidal Carreras, al caporal Jesús Martínez, a en Víctor Fernández i els bombers del parc de Manresa per la seva bona rebuda i col·laboració amb aquest projecte.

Títol: Casc per a personal de serveis d'emergència controlat per veu

Autor: Jordi Boada Torre-Marín

Director: Jordi Bonet Dalmau

Data: Curs 2016/2017

Resum

Aquest projecte ha pretès la creació d'un prototip d'equip de protecció individual que permeti la interacció amb diferents actuadors mitjançant un control per veu, facilitant i fent més segures les accions del portador en la seva tasca. Ha estat inspirat en els serveis d'emergència (i més concretament en el cos de bombers), però pot ésser extensible a altres àmbits.

Per dur a terme el projecte, primer es va crear un codi que permetés interpretar ordres basades en polsos d'activitat de veu.

Tot seguit es va procedir a treballar sobre els elements físics que formen part de l'entrada del senyal vocal, finalitzant el prototip amb l'assemblatge dels actuadors.

S'han realitzat reunions conjuntes amb el Cos de Bombers de la Generalitat per a conèixer tant les seves opinions i necessitats, com la seva participació en el testejat i aportació d'una valoració final.

Per últim s'han proposat una sèrie d'ampliacions possibles al projecte (com l'afegiment de comandes i actuadors, l'extensió a àmbits més enllà dels serveis d'emergència o el reconeixement de veu).

S'ha conclòs que el nostre microcontrolador no té la potència necessària per al reconeixement de veu, però si per a la detecció d'activitat de veu, i al mateix temps s'ha pogut afirmar que era l'apartat més feixuc i difícil de dur a terme del projecte, tenint una durada aproximada de realització de dues terceres parts del temps invertit.

S'han pogut aconseguir la majoria d'objectius proposats, i els no aconseguits han estat deguts a dificultats tècniques de material disponible, donat que es coneix el funcionament teòric.

Title: Voice-controlled helmet for emergency services

Author: Jordi Boada Torre-Marín

Director: Jordi Bonet Dalmau

Date: Year 2016/2017

Abstract

This project aimed towards the creation of an individual protection system prototype which allows voice-controlled interaction with various physic elements, in order to make the user's tasks and job easier and safer. The prototype has been inspired by emergency services' helmets (especially firefighters') but can be introduced into other environments.

In order to achieve this project, first the code was written, starting by the voice detection, followed by the correctness decision making and ending in the order interpretation.

Afterwards the work moved on onto the physic elements of the signal input and lastly in the prototype assembling.

There has been regular meetings with the Catalan Firefighting Service in order to get to know the opinions and necessities of the professionals, as well as participating in the tests and gathering their final opinions.

At the end of this project, some possible follow-up lines were described (such as increasing the amount of commands, the extension of the helmet in different environments and/or voice recognition).

It's been concluded that our microcontroller can't recognize voice (although it can detect and process it) and that the hardest part of the project was the code writing, taking up to approximately two thirds of the time spent in the project.

Most of the objectives have been achieved, and those that haven't, it's been due to a lack of available resources, as the way to make it work is known.

ÍNDIX

| | |
|---|-----------|
| INTRODUCCIÓ | 1 |
| CAPÍTOL 1. DEFINICIÓ DEL PROJECTE | 2 |
| 1.1. Idees i decisió | 2 |
| 1.1.1. Idees | 2 |
| 1.1.2. Decisió final | 3 |
| 1.2. Antecedents | 4 |
| 1.2.1. Cascs de bombers | 4 |
| 1.2.2. Cascs intel·ligents | 5 |
| 1.2.3. Microcontroladors i microprocessadors | 8 |
| 1.2.4. Protocols de comunicació | 10 |
| 1.2.5. Reconeixement de veu | 13 |
| 1.2.6. Activació per veu | 14 |
| 1.3. Objectius | 15 |
| CAPÍTOL 2. CREACIÓ DEL PROTOTIP | 16 |
| 2.1. Decisions preliminars | 16 |
| 2.2. Creació del codi | 16 |
| 2.2.1. Mòdul 'casc_main' | 17 |
| 2.2.2. Mòdul 'adc' | 25 |
| 2.2.3. Mòdul 'tmr0' | 26 |
| 2.3. Assemblatge de l'entrada | 27 |
| 2.3.1. Entrada de veu | 27 |
| 2.3.2. Acceleròmetre | 29 |
| 2.4. Assemblatge de les sortides | 30 |
| 2.4.1. Indicadors LED | 30 |
| 2.4.2. Sortida de veu per l'emissora | 31 |
| 2.4.3. Sortida d'àudio: altaveu | 33 |
| 2.4.4. Sortida d'àudio: PTT i botó d'emergència | 34 |
| CAPÍTOL 3. FINALITZACIÓ DEL PROTOTIP | 35 |
| 3.1. Resultat final | 35 |
| 3.2. Testejat del prototip | 37 |
| CAPÍTOL 4. CONCLUSIONS I LINIES FUTURES | 43 |
| CAPÍTOL 5. MANUAL D'USUARI | 45 |
| CAPÍTOL 6. BIBLIOGRAFIA | 47 |
| CAPÍTOL 7: ANNEXOS | 49 |

INTRODUCCIÓ

Els professionals de les emergències d'arreu del món s'enfronten diàriament a situacions d'alt risc, sovint en un ambient hostil, caòtic, advers i perillós.

Aquests professionals han de prendre riscos constantment per tal de dur a terme la seva tasca de salvaguardar altres persones, animals, entorns i bens materials i és per això que la prevenció de riscos laborals pren gran importància en aquestes professions.

L'existència d'uns equips de protecció en els que puguin confiar per tal d'eliminar factors de dubte en els moments en que la seva professió els condueix a situacions on han d'arriscar-se ells mateixos i gestionar ràpidament la presa de decisions cobra especial importància a l'hora d'actuar, i sovint aquests professionals consideren que el seu equipament és insuficient o no dona resposta a totes les seves necessitats.

La primera part del projecte presenta la presa de contacte amb una mostra d'aquest tipus de personal per tal d'escoltar i avaluar les seves necessitats i decidir sobre quin tipus d'equipament es treballaria, seguit de l'estudi de les solucions actuals i definició les característiques del prototip a crear. En segon lloc es presenta el procés de creació del prototip, dividit en tres parts: codi del programa, entrada de senyal i actuadors de sortida. Per últim es realitza la implementació final i testejat, acompanyat de les possibles línies de millora.

CAPÍTOL 1. DEFINICIÓ DEL PROJECTE

1.1. Idees i decisió

Com a primer pas per al projecte es realitza una pluja d'idees i una reunió amb personal actiu del Cos de Bombers de la Generalitat de Catalunya per a avaluar les diferents opcions a desenvolupar. Finalment es tria la proposta a desenvolupar.

1.1.1. Idees

1.1.1.1. Automatització dels senyals acústics d'avís dels vehicles dels serveis d'emergència

Els vehicles dels serveis d'emergència disposen de diferents tipus de senyal que poden emetre per les sirenes. Varien la freqüència del senyal i la seva orientació per donar resposta a diferents tipus de via i necessitats.

Aquesta idea proposa l'automatització d'aquests dispositius de tal manera que, en sincronització amb els dispositius de GPS dels vehicles, utilitza l'orientació frontal del senyal en vies de circulació amples i llargues sense cruïlles, i l'orientació del senyal de 360° en l'aproximació a cruïlles, sense la intervenció humana.

1.1.1.2. Armilla intel·ligent

Aquesta idea proposa la creació d'una peça de vestir interna, lleugera i sensoritzada que reculli informació durant l'actuació del professional tal com les constants vitals, temperatura de treball i/o altres dades d'interès i que l'emmagatzemi o transmeti per a poder ser analitzada, ja sigui posteriorment a l'actuació o en temps real.

1.1.1.3. Casc intel·ligent

Aquesta idea proposa la creació d'un prototip de casc que permeti la interacció de l'usuari amb diferents actuadors mitjançant comandes de veu, dotant així de major llibertat de mans a l'usuari i evitant que hagi de pausar altres accions per a activar manualment aquests actuadors.

1.1.1.4. Càmera tèrmica reduïda

Els membres del cos de bombers plantegen la seva necessitat de disposar de càmeres tèrmiques més petites i manipulables.

1.1.1.5. *Emissora portàtil de radio reduïda*

Els membres del cos de bombers plantegen la seva necessitat de disposar d'emissores portàtils de radio més petites i manipulables.

1.1.1.6. *Millora de la cobertura en les comunicacions*

Els membres del cos de bombers expressen les seves dificultats de comunicar-se en espais tancats i proposen un estudi i millora de la cobertura en les comunicacions per ràdio.

1.1.1.7. *Control automàtic del nivell d'aire de les bombones de respiració.*

Els membres del cos de bombers comenten que disposen de 20 minuts d'aire a les bombones, i que el control d'aquest interval de temps es realitza de forma escrita. Proposen que es pugui disposar d'una plataforma informàtica de control.

1.1.1.8. *Actualització del programari de mapes i posicionament GPS.*

Els membres del cos de bombers proposen l'actualització del seu programari de mapes i posicionament GPS que consideren lent i obsolet.

1.1.2. **Decisió final**

Es tria conjuntament la creació d'un prototip de casc intel·ligent pels següents motius:

- Proposta per part de l'alumne.
- Es tracta d'un prototip d'equip de protecció individual com es desitja.
- Presenta complexitat suficient.
- Respon a les necessitats expressades per els professionals.
- Es ben valorat per part dels professionals com a millora a introduir.

La resta de propostes queden descartades per els següents motius:

| PROPOSTA | MOTIU |
|---|--|
| AUTOMATITZACIÓ DELS SENYALS ACÚSTICS D'AVÍS DELS VEHICLES ARMILLA INTEL·LIGENT | <ul style="list-style-type: none"> • Els professionals no hi veuen una necessitat. • Els professionals no hi veuen una necessitat. |
| CÀMERA TÈRMICA REDUIDA | <ul style="list-style-type: none"> • No es tracta d'un equip de protecció individual. |
| EMISSIONA DE RADIO PORTATIL REDUIDA | <ul style="list-style-type: none"> • No es tracta d'un equip de protecció individual. |
| MILLORA EN LA COBERTURA DE | <ul style="list-style-type: none"> • No es realitza prototipatge. |

| | |
|---|--|
| LES COMUNICACIONS | <ul style="list-style-type: none"> • No es tracta d'un equip de protecció individual. |
| CONTROL AUTOMÀTIC DEL NIVELL D'AIRE A LES BOMBONES | <ul style="list-style-type: none"> • No es tracta d'un equip de protecció individual.. |
| MILLORA DEL PROGRAMARI DE MAPES I GPS | <ul style="list-style-type: none"> • No es realitza prototipatge. • No es tracta d'un equip de protecció individual. |

1.2. Antecedents

En aquest apartat s'estudia les solucions ja existents relacionades amb aquest projecte.

1.2.1. Cascs de bombers

MSA-Gallet és l'empresa fabricant dels actuals cascs de bombers del Cos de Bombers de la Generalitat. Gallet era una marca europea que va ser adquirida per MSA, americana, que va donar pas a l'actual marca.

Fundada al 1914, MSA Safety Incorporated és el líder mundial en el desenvolupament, fabricació i subministrament de productes de seguretat que protegeixen a les persones i les infraestructures de les instal·lacions. Molts productes de MSA integren una combinació d'electrònica, sistemes mecànics i materials avançats per protegir als usuaris contra situacions perilloses o potencialment mortals. La línia de productes integral de la companyia és utilitzada per treballadors de tot el món en una àmplia gamma de mercats, incloent la indústria del petroli, gas i petroquímica, el servei de bombers, la indústria de la construcció, la mineria i l'exèrcit. Els principals productes de MSA inclouen aparells respiratoris autònoms, sistemes fixos de detecció de gasos i flames, instruments portàtils de detecció de gasos, productes industrials per a protecció de caps, cascos de bombers i rescat i dispositius de protecció contra caigudes.



Il·lustració 1 - Casca del Cos de Bombers de la Generalitat

1.2.2. Cascs intel·ligents

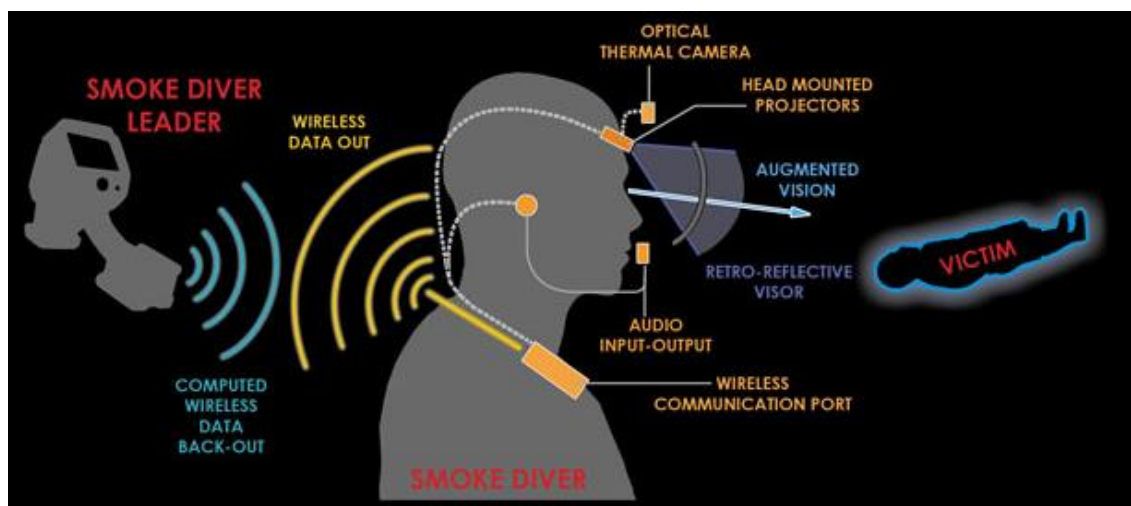
1.2.2.1. C-Thru

Es tracta d'un casc de bombers dissenyat per Omer Haciomeroglu que permet als bombers veure a l'interior d'edificis en mig del fum, on abans havien d'avançar amb les mans en contacte amb la paret, alliberant així les mans del bomber i augmentant la sensació de seguretat i control del mateix.

El propi casc ja inclou diverses capes de protecció tèrmica (que habitualment es troben en forma de peces de roba que els bombers han de vestir), mascara facial completa i sistema de comunicacions.



Il·lustració 2 - Aparença del casc C-Thru



Il·lustració 3 - Diagrama d'actuadors del casc C-Thru

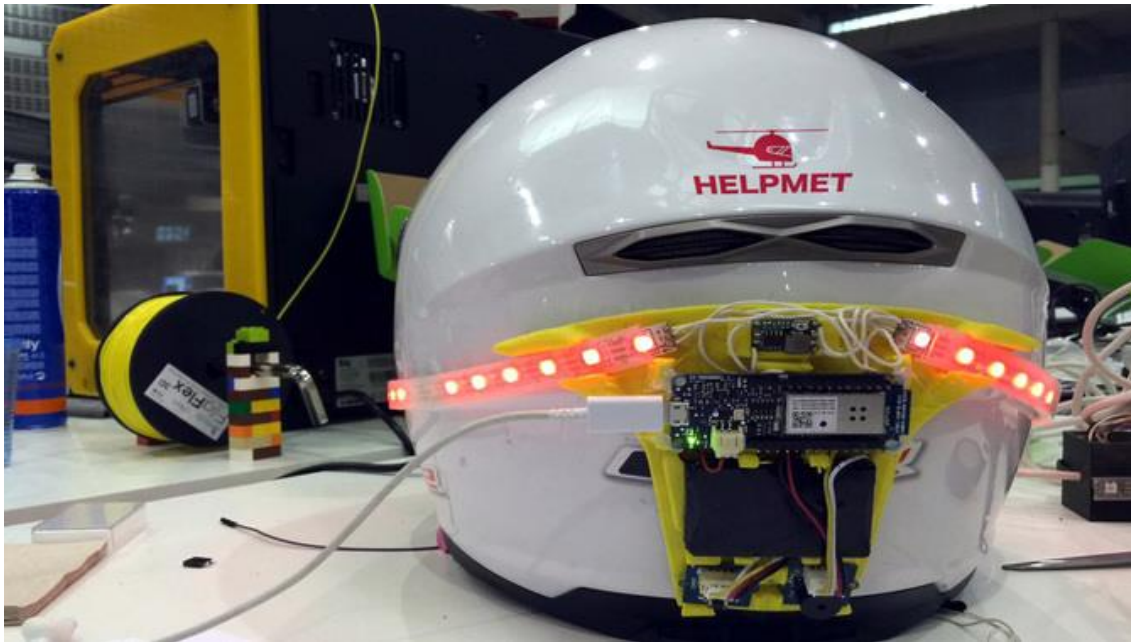


Il·lustració 4 - Simulació de visió utilitzant el casc C-Thru

1.2.2.2. Helmet

Es tracta d'un casc per a motoristes que es capaç de detectar caigudes i accidents i alertar els serveis d'emergència, transmetent la ubicació de l'accidentat. També pot emmagatzemar informació del conductor prèviament introduïda per tal de comunicar-la als serveis d'emergència actuant mitjançant una targeta 3G, i senyals acústics i lluminosos per als altres usuaris de la via. Aquest dispositiu dissenyat per en Dani Páez, està alimentat per una bateria que es recarrega gràcies a uns ventiladors que aprofiten el vent generat en el moviment.

Es possible incorporar aquest dispositiu a tota mena de cascs per a motoristes i un cop detecta l'accident, el motorista té 10 segons per confirmar que es troba en bon estat o l'avís s'activa automàticament.



II·lustració 5 - Casc Helpmet

1.2.2.3. ME 102b

Es tracta d'un projecte desenvolupat per cinc alumnes de la universitat d'enginyeria de Berkeley.

Consisteix en un casc de seguretat multifuncional activat per veu.

El prototip permet obrir i tancar el frontal del casc, encendre, apagar i encarrar dues llanternes situades als laterals del casc de forma independent, i controlar la velocitat d'un ventilador intern.

Per a realitzar el control per veu d'aquest prototip fan servir l'aplicació BitVoicer per a Arduino, que podem veure descrita a l'apartat 1.2.2.1, que envia el senyal a processar a un ordinador.



II·lustració 6 - Prototip ME 102b

1.2.3. Microcontroladors i microprocessadors

Es valoren dues opcions per a la realització del prototipus: la plataforma Arduino i la plataforma Raspberry Pi

1.2.3.1. Arduino

Arduino és una plataforma de maquinari lliure, basada en una placa amb un microcontrolador i un entorn de desenvolupament, dissenyada per facilitar l'ús de l'electrònica en projectes multidisciplinaris.

Arduino es pot utilitzar per desenvolupar elements autònoms, connectant-se a dispositius i interactuar tant amb el maquinari com amb el programari.

El hardware d'Arduino és bàsicament una placa amb un microcontrolador. Un microcontrolador és un circuit integrat programable, capaç d'executar les ordres gravades en la seva memòria. Està compost de diversos blocs funcionals, els quals compleixen una tasca específica. Un microcontrolador inclou en el seu interior les tres principals unitats funcionals d'una computadora: unitat central de processament, memòria i perifèrics d'entrada/sortida.

Característiques d'un Microcontrolador:

- Velocitat del rellotge o oscil·lador
- Grandària de paraula
- Memòria: SRAM, Flaix, EEPROM, ROM, etc..
- I/O Digitals
- Entrades Analògiques
- Sortides analògiques (PWM)
- DAC (Conversor de Digital a Analògic)
- ADC (Conversor d'Analògic a Digital)
- Busos
- UART
- Altres comunicacions.



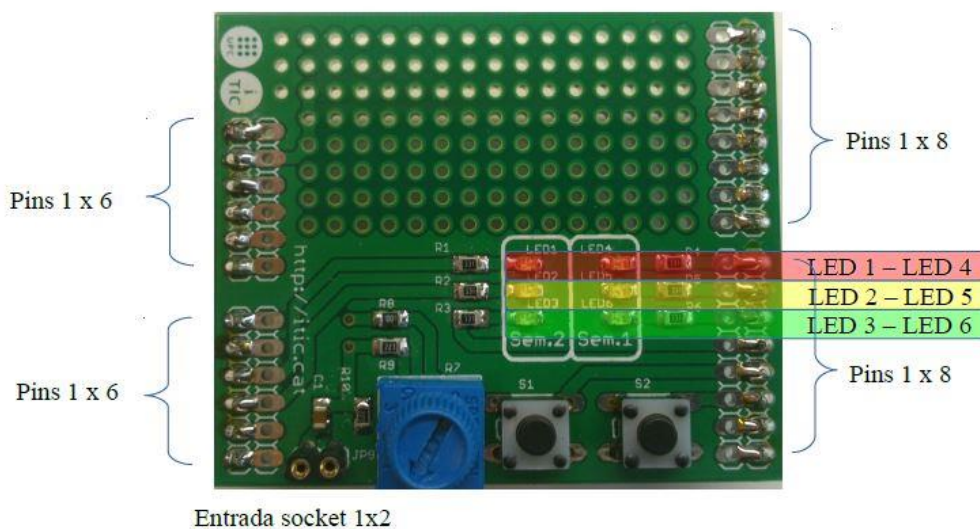
Il·lustració 7 - Arduino UNO

Arduino disposa d'una àmplia varietat de plaques i shields per utilitzar.

Una shield és una placa compatible que es pot col·locar en la part superior dels Arduinos i permet estendre les capacitats de l'Arduino.

Les shields es poden comunicar amb l'Arduino bé per alguns dels pins digitals o analògics o bé per algun bus com el SPI, I²C o port sèrie, així com usar alguns pins com a interrupció. A més aquestes shields s'alimenta generalment a través de l'Arduino mitjançant els pins de 5V i GND.

Cada Shield d'Arduino ha de tenir el mateix factor de manera que l'estàndard d'Arduino amb un espaiat de pins concret perquè solament hi hagi una forma possible d'encaixar-ho.



Il·lustració 8 - Shield DIPSE

1.2.3.2. Raspberry Pi

Es tracta d'una diminuta placa base de 85 x 54 mil·límetres en el qual s'allotja un xip Broadcom BCM2835 amb processador ARM fins a 1 GHz de velocitat, GPU VideoCore IV i fins a 512 Mbytes de memòria RAM. Quant al seu preu, sol estar per sota dels 40 euros.

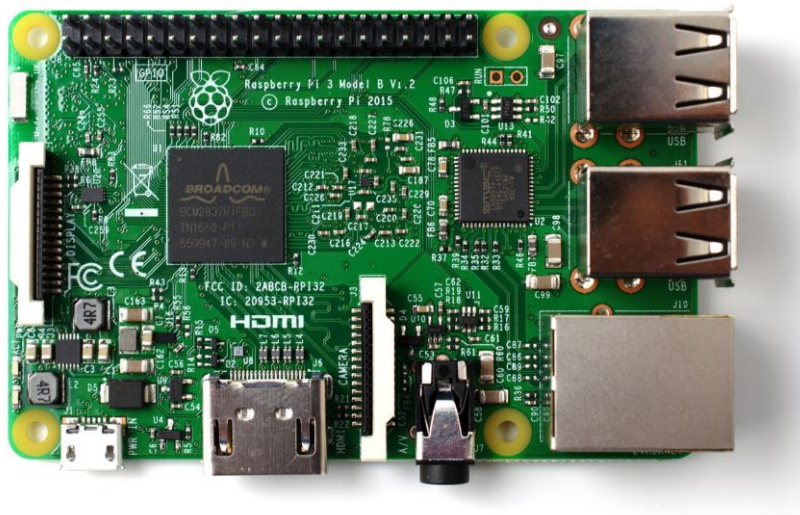
Per a que funcioni, n'hi ha prou que en introduir una targeta SD on prèviament haguem instal·lat un sistema operatiu i endollar-la al corrent amb qualsevol carregador de tipus microUSB.

La fundació de Raspberry Pi posa a disposició des de la seva pàgina web Raspbian, una distribució de Linux basada en Debian, però també podem recórrer a moltes de les distribucions específiques que la comunitat d'usuaris ha desenvolupat per a diverses finalitats.

En funció del model que escollim, disposarem de més o menys opcions de connexió, però sempre tindrem almenys un port de sortida de vídeo HDMI i un

altre de tipus RCA, minijack d'àudio i un port USB 2.0 al que connectar un teclat i ratolí.

Quant a connexió de xarxa es refereix, podem disposar de Ethernet per endollar un cable RJ-45 directament al router o recórrer a adaptadors sense fils WiFi.



Il·lustració 9 - Raspberri Pi

1.2.4. Protocols de comunicació

Per tal de comunicar dispositius esclaus amb el dispositiu mestre s'estudien dos protocols de comunicació principals i universalment utilitzats.

1.2.4.1. SPI – Serial Peripheral Interface

La Interfície Perifèrica Serial (SPI) és un bus d'interfície comunament usat per enviar dades entre microcontroladors i perifèrics petits tals com a registres de desplaçament, sensors i targetes SD. Utilitza línies de rellotge i dades independents, juntament amb una línia de selecció per triar el dispositiu amb el qual desitja parlar.

És un bus de dades "síncron", la qual cosa significa que utilitza línies separades per a les dades i un "rellotge" que manté totes dues bandes en perfecta sincronització.

En SPI, només un costat genera el senyal de rellotge (normalment cridada CLK o SCK per a Serial Clock). El costat que genera el rellotge es diu el "mestre", i l'altre costat es diu l'"esclau". Sempre hi ha un sol mestre, però pot haver-hi diversos esclaus.

Quan les dades s'envien des del mestre a un esclau, s'envia en una línia de dades anomenada MOSI per "Master Out / Slave In". Si l'esclau necessita

enviar una resposta al mestre, el mestre continuarà generant un nombre preestablert de cicles de rellotge, i l'esclau col·locarà les dades en una tercera línia de dades anomenada MISO, per "Master In / Slave Out".

Degut a que el mestre sempre genera el senyal de rellotge, ha de saber per endavant quan un esclau necessita retornar dades i quantes dades es retornaran. Això és molt diferent en sèrie asíncrona, on quantitats aleatòries de dades es poden enviar en qualsevol adreça a qualsevol moment. A la pràctica això no és un problema, ja que SPI s'utilitza generalment per parlar amb sensors que tenen una estructura de comandament molt específica.

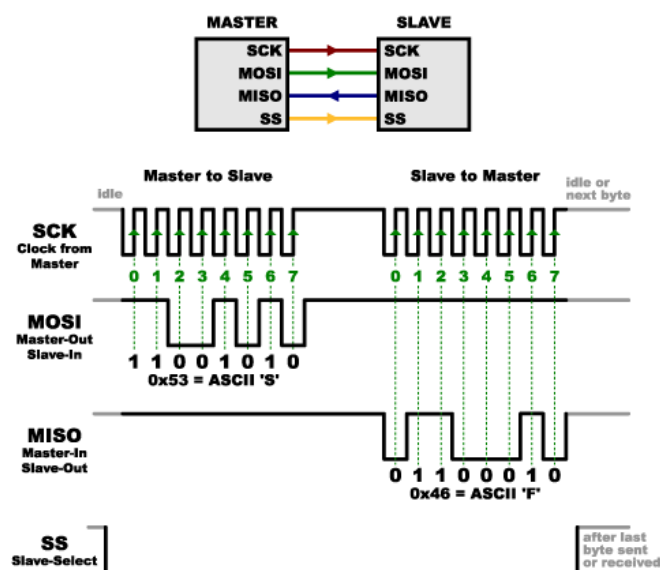
SPI és *full duplex* (té línies d'enviament i recepció separades) i, per tant, en certes situacions, pot transmetre i rebre dades al mateix temps.

L' *Slave Select* (SS) indica a l'esclau que ha de despertar i rebre / enviar dades. També s'utilitza quan diversos esclaus estan presents per seleccionar el que ha d'interactuar.

La línia SS normalment es manté alta, la qual cosa desconnecta a l'esclau del bus SPI. Just abans d'enviar les dades a l'esclau, la línia es posa baixa, la qual cosa activa l'esclau. Quan hagi acabat d'usar l'esclau, la línia es tornarà alta.

Desavantatges de SPI:

- Requereix més línies de senyal (cables) que altres mètodes de comunicació
- Les comunicacions han d'estar ben definides per endavant (no pot enviar quantitats aleatòries de dades quan ho desitgi)
- El mestre ha de controlar totes les comunicacions (els esclaus no poden parlar directament entre si)
- Normalment requereix línies separades de SS para cada esclau, la qual cosa pot ser problemàtic si es necessiten nombrosos esclaus.



II-lustració 10 Esquema de comunicació SPI

1.2.4.2. I²C – Inter-Integrated Circuit

El protocol del circuit inter-integrat (I²C) és un protocol destinat a permetre que múltiples circuits integrats digitals "esclaus" es comuniquin amb un o més xips "mestres". Igual SPI, només està destinada a comunicacions de curta distància dins d'un sol dispositiu.

I²C requereix només dos cables.

El maquinari necessari per implementar I²C és més complex que SPI. Pot ser implementat trivialment en programari.

Cada bus I²C consta de dos senyals: SCL i SDA. SCL és el senyal de rellotge, i SDA és el senyal de dades. El senyal de rellotge sempre és generat pel mestre de bus de corrent; Alguns dispositius esclaus poden forçar el rellotge de vegades a baix per retardar l'enviament del mestre de més dades (o per requerir més temps per preparar les dades abans que el mestre intenti apagar-lo).

A diferència de les connexions UART o SPI, els controladors de bus I²C poden tirar de la línia de senyal corresponent a baixa, però no poden conduir-la a alta. Cada línia de senyal té una resistència pull-up per restaurar el senyal a alt quan cap dispositiu està afirmant que baixa.

Els missatges es divideixen en dos tipus de trames: una trama d'adreces, on el mestre indica l'esclau al que s'envia el missatge i una o més trames de dades, que són missatges de dades de 8 bits passats de mestre a esclau o viceversa. Les dades es col·loquen en la línia SDA després que SCL es baixa, i es mostregen després que la línia SCL sigui alta. El temps entre la vora del rellotge i la lectura / escriptura de dades es defineix pels dispositius en el bus i variarà per a cada xip.

Per iniciar la trama d'adreça, el dispositiu mestre deixa SCL alta i baixa SDA. Això posa a tots els dispositius esclaus en avís que una transmissió és a punt de començar.

La trama d'adreça sempre és la primera en qualsevol nova seqüència de comunicació. Per a una adreça de 7 bits, l'adreça es registra primer en el bit més significatiu (MSB), seguit per un bit R / W que indica si es tracta d'una operació de lectura (1) o escriptura (0).

El bit 9 de la trama és el bit NACK / ACK. Una vegada que s'envien els primers 8 bits de la trama, el dispositiu receptor rep el control sobre SDA. Si el dispositiu receptor no extreu la línia SDA abans del 9é pols de rellotge, es pot deduir que el dispositiu receptor no va rebre les dades o no sabia com analitzar el missatge. En aquest cas, l'intercanvi es deté i depèn del mestre del sistema decidir com procedir.

Una vegada enviada la trama d'adreça, les dades poden començar a transmetre's. El mestre simplement continuarà generant polsos de rellotge en

un interval regular, i les dades seran col·locades en SDA pel mestre o l'esclau, depenent de si el bit R / W va indicar una operació de lectura o escriptura.

Una vegada enviats tots els quadres de dades, el mestre generarà una condició de parada. Les condicions de parada es defineixen mitjançant una transició de 0 a 1 (baixa a alta) en SDA després d'una transició de 0 a 1 en SCL, amb SCL restant alt. Durant l'operació normal d'escriptura de dades, el valor en SDA no ha de canviar quan SCL és alt, per evitar falses condicions de parada.

De vegades, és important que un dispositiu mestre pugui intercanviar diversos missatges d'una vegada, sense permetre que altres dispositius mestres en el bus interfereixin. Per aquesta raó, s'ha definit la condició d'arrencada repetida.

Per realitzar un inici repetit, SDA es permet anar a alt mentre SCL és baix, SCL pot anar a alt, i després SDA es torna a baixar de nou mentre SCL és alt. Degut a que no hi havia cap condició de parada en el bus, la comunicació anterior no es completa realment i el mestre actual manté el control del bus.

De vegades, la taxa de dades del mestre superarà la capacitat de l'esclau de proporcionar aquestes dades. Es pot donar pel fet que les dades no estan encara llestes o perquè una operació anterior encara no s'ha completat. En aquest cas, alguns dispositius esclaus executaran el que es coneix com a "estirament de rellotge". Normalment, tot el rellotge és conduït pel dispositiu mestre: els esclaus simplement posen dades en el bus o prenen dades del bus en resposta als polsos de rellotge del mestre. A qualsevol moment del procés de transferència de dades, un esclau adreçat pot mantenir la línia SCL baixa després que el mestre l'alliberi. Es requereix que el mestre s'abstingui d'impulsos de rellotge addicionals o transferència de dades fins que l'esclau alliberi la línia SCL.

1.2.5. Reconeixement de veu

1.2.5.1. BitVoicer

Es tracta d'una aplicació de reconeixement de veu per a dispositius amb poca potència de processament que requereixen d'altres processadors més potents per realitzar aquest reconeixement.

Per tal de fer el reconeixement de veu utilitza un ordinador per a processar el senyal, i aquest ordinador envia les comandes al microcontrolador.

1.2.5.2. Shields d'Arduino

Voice recognition module V2 i *EasyVR Shield 3.0* son dues opcions per a shields d'Arduino que permeten el reconeixement de veu. Aquests shields porten incorporats processadors més potents que l'Arduino, i que s'encarreguen de realitzar el processament del senyal de veu entrat.

En el primer cas permet la programació de tres grups de cinc comandes de com a màxim 1300ms de durada i el preu es d'aproximadament 22 dòlars. El segon permet definir fins a 32 comandes, per un preu aproximat de 50 dòlars.

1.2.5.3. *Llibries*

uSpeech es una llibreria d'ús lliure però codi no obert creada per l'usuari *arjo129*.

El seu creador informa de que es basa en l'obtenció de fonemes, i que en cap cas no utilitza l'algoritme de Goertzel, però no especifica quin utilitza.

1.2.5.4. *APIs*

Si es tria la plataforma Raspberry en lloc d'Arduino, existeixen varies APIs (com l'API de *Google*) i/o aplicacions basades en APIs de reconeixement de veu, per exemple *Jasper*, però aquestes requereixen de connexió a internet.

1.2.6. **Activació per veu**

1.2.6.1. *VOX – Voice Operated Switch*

En telecomunicacions, un interruptor operat per veu, també conegut com VOX o Voice Operated eXchange, és un interruptor que funciona quan es detecta so sobre un determinat llindar.

S'utilitza generalment per encendre un transmissor o gravador quan algú parla i apagar-ho quan deixen de parlar. S'utilitza en lloc d'un botó PTT en els transmissors o per estalviar espai d'emmagatzematge en els dispositius d'enregistrament. En els telèfons cel·lulars, s'utilitza per estalviar bateria.

El circuit sol incloure un retard entre la parada del so i el final de transmissió, per evitar que el circuit s'apagui durant pauses curtes en la parla.

A diferència de l'operació manual push-to-talk (PTT), VOX és automàtic; L'usuari pot mantenir les seves mans lliures mentre parla. Però VOX també té alguns desavantatges significatius que expliquen per què PTT és encara comú.

La majoria dels circuits VOX tenen un ajust de sensibilitat, però l'activació VOX no desitjada pot ocórrer amb el soroll de fons, la respiració pesada o una conversa lateral. Per contra, es podria no activar quan es desitja parlar fluix.

El VOX en una ràdio bidireccional també pot ser activat per l'altaveu que porta l'altre costat de la conversa. Aquest problema es pot minimitzar amb una funció "anti vox" per disminuir la sensibilitat de VOX quan el receptor està actiu.

Els transmissors i gravadors tenen temps d'activació curts però finits que poden retallar el començament de les frases. Alguns circuits VOX moderns eliminen aquest problema gravant o transmetent una versió retardada del senyal

d'entrada. Una forma més antiga de superar això, usada pels pilots, i els astronautes, com alguns dels primers usuaris de VOX, va ser començar habitualment cada transmissió amb "uh".

VOX utilitza un temporitzador de suspensió, normalment d'1 a 3 segons, per romandre actiu durant breus pauses de veu. Això significa que els últims segons de cada transmissió o segment gravat sempre són silenciosos. Un gravador activat per VOX pot esborrar el final de cada segment, però l'usuari d'una ràdio half duplex de VOX ha d'esperar al fet que el temporitzador expiri abans que pugui tornar a rebre.

1.3. Objectius

A partir de la decisió final de prototip a desenvolupar, i l'estudi de les tecnologies existents en contraposició a les necessitats a satisfer, s'estableixen els objectius a assolir, que consisteixen en la creació d'un prototip de casc per a serveis d'emergències amb les següents característiques:

- Control per activació de veu.
- Validesa per a qualsevol usuari.
- Detecció d'accidents i generació de senyal d'alerta.
- Facilitat i senzillesa d'us.
- Independència d'elements externs o connexió a internet per al processat.
- 4 comandes inicials, fàcil escalabilitat per a més comandes.
- Creació d'un sistema autònom.

CAPÍTOL 2. CREACIÓ DEL PROTOTIP

2.1. Decisions preliminars

En primer moment es decideix quina plataforma utilitzar, concretament *Arduino Uno* (amb el microcontrolador ATmega328p) donat que ha estat la plataforma d'aprenentatge principal durant els estudis, i un consum molt inferior tant en recursos com en alimentació en comparació a la *Raspberry*.

També es decideix, després d'unes breus proves infructuoses amb la llibreria *uSpeech*, la creació d'un codi propi per al processat de les senyals de veu. En el cas dels shields es decideix no utilitzar-ne cap per a no augmentar el cost d'implementació.

Com a dispositiu d'entrada de senyal es tria utilitzar un laringòfon, donat que permet la transmissió directa i sense soroll extern en agafar el senyal mitjançant les vibracions de les cordes vocals. S'ha contemplat també l'opció d'utilitzar un micròfon supressor de soroll, però impedeix l'ús eficaç de la mascara d'aire. Es descarta l'ús de la tecnologia VOX (auto-activació de l'emissora en detectar veu) per recomanació dels professionals, que hi troben inconvenients en comunicar-se directament l'un a l'altre.

Es trien les comandes bàsiques:

- Encesa/apagada del lot del casc.
- Activació manual del senyal d'emergència.
- Desactivació del senyal d'emergència, tant si s'ha activat manualment com automàticament.
- Activació/desactivació del *PTT (Push To Talk)* de l'emissora portàtil.

Es decideix incorporar un acceleròmetre capaç de detectar caigudes o canvis bruscs de forces G per detectar accidents. Es comunicarà amb l'Arduino mitjançant el protocol I²C.

Es comenta la possibilitat d'afegir altaveus als laterals del casc per ajudar en la comunicació, però no es defineix com a objectiu.

2.2. Creació del codi

La programació de l'AVR és la que es considera com a tasca principal de cara al funcionament del prototip, degut a que controlarà les dades rebudes de forma independent dels diferents actuadors d'entrada i prendrà les decisions corresponents en base a aquesta informació.

El codi constarà de 3 mòduls diferents; el mòdul principal, i els mòduls 'adc' i 'tmr0' amb els que ja s'ha treballat durant la titulació i dels quals s'aprofitaran les funcionalitats que ofereixen.

2.2.1. Mòdul 'casc_main'

Es tracta del mòdul principal del projecte i està organitzat en tres capes de nivell diferents. La primera capa controla l'entrada física de dades de veu, la segona interpreta les dades en base al temps i decideix la seva validesa, i la tercera pren les decisions a nivell aplicació de les comandes a executar.

2.2.1.1. Llibreries

Les llibreries que s'utilitzen en aquest mòdul són les següents:

| | |
|----------------------|---|
| ADXL365 | Llibreria per a l'acceleròmetre amb el que en aquest projecte es treballa, i que en permet aprofitar i adaptar les funcionalitats. |
| Wire | Llibreria d'Arduino per a la comunicació I ² C. |
| AVR/interrupt | Llibreria per a l'ús de les interrupcions de l'AVR. |
| stdbool | Llibreria per a l'ús de booleans. |
| stdio | Llibreria per a l'ús de les entrades i sortides de l'AVR. |
| stdlib | És l'arxiu de capçalera de la biblioteca estàndard de propòsit general del llenguatge de programació C. Conté els prototips de funcions de C per a gestió de memòria dinàmica, control de processos i altres. |

2.2.1.2. Definicions

Les definicions que s'utilitzen en aquest mòdul són les següents:

| | |
|------------------|--|
| MIDA | Mida de la finestra de mostreig. (Quantitat de mostres del senyal de veu.) |
| CONTINUA | Referència del valor del corrent continu. |
| LLINDAR | Valor límit entre una mostra considerada de silenci i una considerada de dades. |
| TS1 | Valor mínim de temps de silenci utilitzat a la màquina d'estats 2. |
| TS2 | Temps de final de comanda utilitzat a la màquina d'estats 2. |
| TD1 | Valor mínim de temps de dades utilitzat a la màquina d'estats 2. |
| TD2 | Valor màxim de temps de dades utilitzat a la màquina d'estats 2. |
| HISTERESI | Quantitat de dades continuades i de valor respecte al llindar diferent a les anteriors necessàries per a un canvi d'estat en la màquina 1. |

| | |
|-------------------------|--|
| ESPERACURTA | Interval de temps utilitzat a la màquina d'estats 3.2. |
| ESPERALLARGA | Interval de temps utilitzat a la màquina d'estats 3.2. |
| ESPERAEMERGENCIA | Interval de temps utilitzat a la màquina d'estats 3.1. |
| TEMPSCONFIRMACIO | Interval de temps utilitzat a la màquina d'estats 3.1 per confirmar comanda. |
| ADXL_* | Adreces utilitzades per la llibreria ADXL345. |

2.2.1.3. Variables

Les variables que s'utilitzen en aquest mòdul són les següents:

| | |
|-------------------------------|---|
| uint8_t segment[] | Llista on es guarden les mostres de l'entrada. |
| uint8_t aux_counter | Comptador de temps per a la primera màquina d'estats. |
| uint8_t ts | Comptador de temps en silenci per a la segona màquina d'estats. |
| uint8_t td | Comptador de temps rebent dades per a la segona màquina d'estats. |
| uint8_t pok | Comptador de polsos correctes. |
| uint8_t index | Índex de la llista de mostres. |
| uint16_t conf_temp | Comptador de temps per a la màquina d'estats 3.1. |
| int32_t power | Valor de la potència de les mostres recollides. |
| int32_t power2 | Còpia del valor de la potència de les mostres recollides, per a treballar fora de la interrupció. |
| long emergency_counter | Comptador de temps per a la màquina d'estats 3.2. |
| bool flag_accio | Booleà per indicar que s'ha completat correctament l'entrada d'una comanda. |
| bool flag_int | Booleà per indicar que ha saltat una interrupció de temps múltiple de la MIDA(definició). |
| bool flag_silenci | Booleà per indicar canvi d'estat de dades a silenci de la primera màquina d'estats. |
| bool flag_data | Booleà per indicar canvi d'estat de silenci a dades de la primera màquina d'estats. |
| estat | Variable d'estat de la primera màquina d'estats. Pot prendre els valors: Data, Silence, Isitdata i Isitsilence. |
| estat2 | Variable d'estat de la segona màquina d'estats. Pot prendre els valors: Inicial, Primersilenci, Block i Segonsilenci. |
| estat32 | Variable d'estat per a la màquina d'estats que controla el LED. Pot prendre els valors: On i Off |
| estat31 | Variable d'estat per a la màquina d'estats 3.1. Pot prendre els valors: Ok, Avís, Confirmació i Emergència. |
| acstate | Variable d'estat per a la màquina d'estats 3.2. Pot prendre els valors: Espera, Alerta, Activitat i |

| | |
|--|-----------|
| | Accident. |
|--|-----------|

2.2.1.4. Funcions

Les funcions que s'utilitzen en aquest mòdul són les següents:

| | |
|-------------------------------|---|
| setup() | Es crida una única vegada en iniciar o reiniciar el microcontrolador, i s'encarrega de realitzar la configuració inicial de l'AVR i l'acceleròmetre. |
| loop() | Funció principal, conté les diferents màquines d'estat i s'executa mentre l'AVR es trobi alimentat. |
| ISR(TIMER0_COMPA_vect) | Interrupció de temps, que guarda una mostra obtinguda a través del convertidor d'analògic a digital i realitza el càlcul de la potencia de les mostres recollides. S'executa de forma automàtica a una freqüència de 8kHz, l'estàndard de mostreig de veu. Cada interrupció múltiple de la MIDA definida s'aixeca un flag i es reinicien les variables. |
| ADXL_ISR() | Consulta l'estat de les interrupcions de l'acceleròmetre i actualitza els flags corresponents en concordança. |
| enable_inactivity() | Aquesta funció activa la detecció d'inactivitat per part de l'acceleròmetre. |

2.2.1.5. Implementació

El mòdul `casc_main` es pot dividir en tres apartats: la configuració, la interrupció de temps i el bucle principal.

La configuració ajusta tots els valors necessaris per a treballar amb l'AVR, l'acceleròmetre i les diferents entrades i sortides. Es crida un sol cop quan s'inicia o reinicia l'AVR i configura el port sèrie per al seguiment o debuggeig, que és una funcionalitat opcional, seguit dels valors de l'acceleròmetre, activant o desactivant les diferents funcionalitats de detecció que ofereix el dispositiu, així com els valors llindar de detecció de les mateixes. A continuació, crida les funcions de configuració del conversor d'analògic a digital i del timer0 que trobem als altres dos mòduls del programa. Finalment s'activen les interrupcions i es defineixen els diferents pins d'entrada i de sortida de l'AVR.

La interrupció de temps s'executa amb una freqüència de 8kHz, és a dir, cada 1'25ms. Llegeix el valor d'entrada a través d'una crida a la funció `'read8_ADC()'`, del mòdul `adc`, i hi resta el valor de referència de corrent contínua, per tal d'ignorar la mateixa. El resultat de l'operació s'eleva al quadrat per a saber la seva potència i es s'acumula amb el de les anteriors interrupcions. Finalment s'incrementa el comptador d'interrupcions, i si el comptador pren el valor definit de MIDA, es realitza una còpia del valor de la

variable de potència acumulada, s'activa el flag d'interrupció múltiple de MIDA i es reinicialitzen les variables internes de la interrupció. Un cop acabat aquest procés es continua executant el bucle principal.

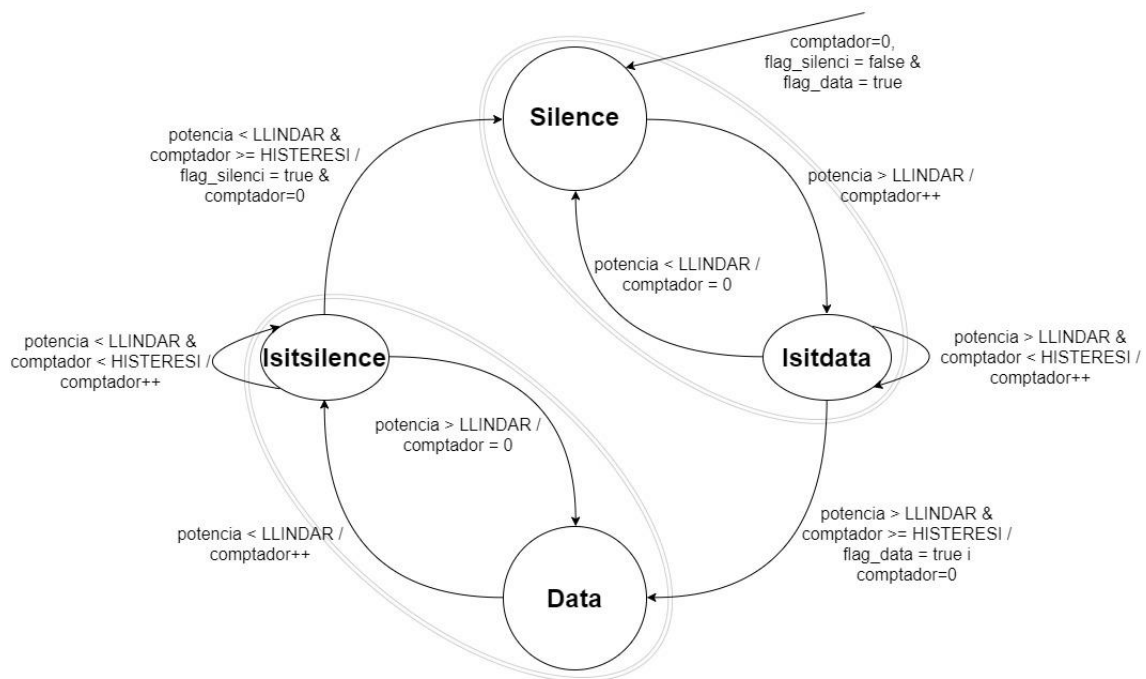
El bucle principal s'executa des de que acaba la configuració de l'AVR i fins que aquest mateix es reinicia o es desconnectat de l'alimentació i només pot ser interromput per la interrupció de temps.

Dins d'aquest bucle, constantment s'executa la funció ADXL_ISR(), es tracta d'una funció creada per la necessitat de llegir el valor de tres interrupcions diferents, donat que l'acceleròmetre amb el que es treballa només incorpora dos pins d'interrupció i no seria possible activar una tercera interrupció. Així doncs es tracta d'una falsa interrupció, doncs no interromp l'execució del codi, però soluciona la problemàtica apareguda.

Aquesta funció consulta l'estat de les interrupcions de 'TAP' (cop), 'FREE_FALL' (caiguda) i 'INACTIVITY' (inactivitat) i activa els flags corresponents. En el cas del cop i la caiguda, també activa la detecció d'inactivitat, que es troba per defecte desactivada.

D'altra banda, cada cop que s'activa el flag 'flag_int' s'executen dins del bucle 4 màquines d'estats diferents.

La primera màquina d'estats correspon a la capa més baixa i s'encarrega de prendre la decisió de si els valors de mostreig que llegeix l'AVR són tractats com a silenci o com a dades. Consta de dos estats, que per a facilitar la seva comprensió i implementació poden entendre's com a quatre subestats diferenciats i que segueixen el següent comportament:

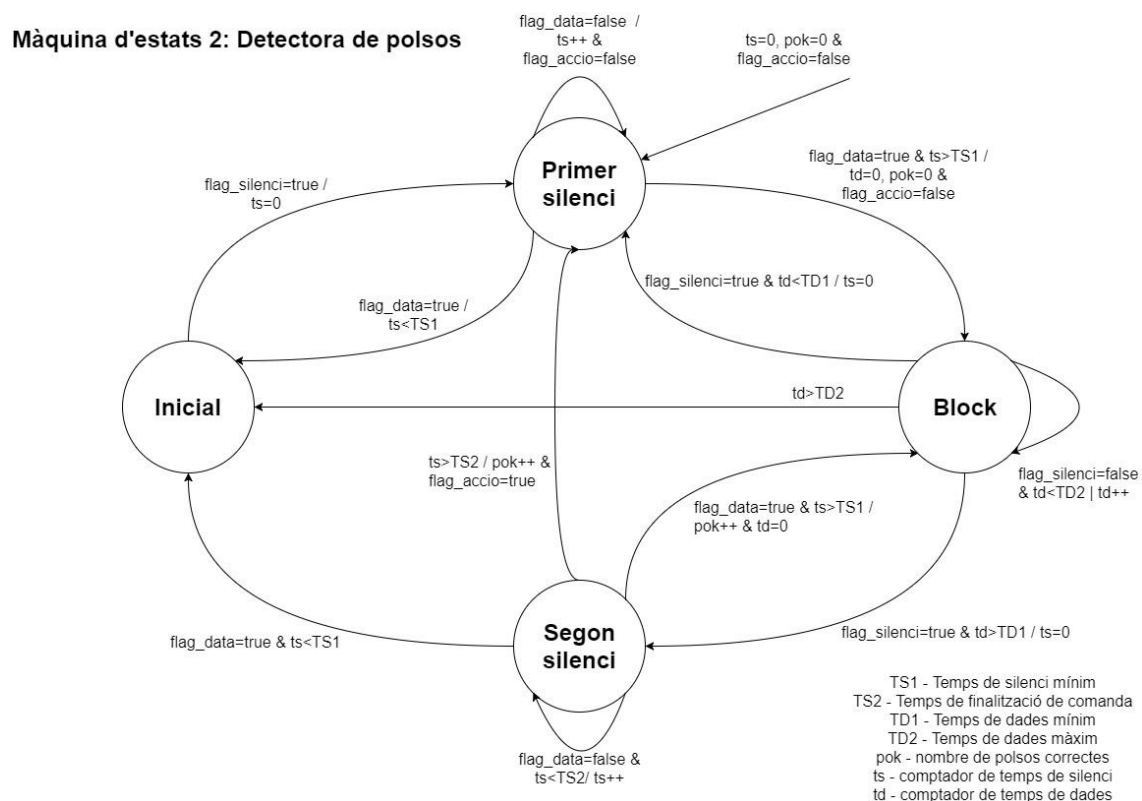


Il·lustració 11 - Màquina d'estats 1: Detectora de veu

Aquesta màquina s'inicia en l'estat 'Silence' i en rebre una mostra que supera el valor de llindar definit canvia al subestat 'Isitdata', on les següents mostres es monitoritzen de forma que si fins al nombre de mostres definit com a histèresi són superiors al llindar, es decideix que es reben dades i es canvia d'estat a 'Data', tot aixecant un flag indicador i reiniciant el comptador. En cas contrari, es torna a l'estat 'Silence' i es reinicia el comptador d'histèresi.

De manera anàloga, si un cop a l'estat 'Data' es rep una dada inferior al llindar es passa al subestat 'Isitsilence' que monitoritza les següents mostres fins al nombre d'histèresi decidint si es tracta de silenci, fent el canvi d'estat i variables corresponent, o una lectura diferent aïllada.

La segona màquina d'estats, que correspon a la capa intermitja, s'encarrega de controlar els temps de silenci i de rebuda de dades en base als flags de la primera màquina, i decideix si els polsos de veu generats són correctes i vàlids o no, i si la comanda s'ha finalitzat o encara es duu a terme. Aquest procés es regeix de la forma descrita a continuació:



II·lustració 12 - Màquina d'estats 2: Detectora de polsos.

En aquest cas també es parteix del silenci, i, excepte en l'estat 'Inicial', constantment es monitoritza el temps.

Si el silenci inicial ha estat prou llarg abans de rebre dades es passa a l'estat 'Block' on per realitzar un pols correcte s'ha de rebre dades durant un temps superior a TD1 i inferior a TD2, i posteriorment rebre silenci.

Si aquest procés no es realitza de forma correcta, l'estat torna a 'Primersilenci' en el cas de rebre dades durant un temps inferior a TD1, o canvia a 'Inicial' si es reben dades durant un temps superior a TD2.

En el cas de rebre dades dins dels límits de temps definits, l'estat passa a ser 'Segonsilenci' on es poden prendre tres diferents decisions: el pols es incorrecte, el pols es correcte i la comanda finalitza o el pols es correcte i la comanda no ha finalitzat encara.

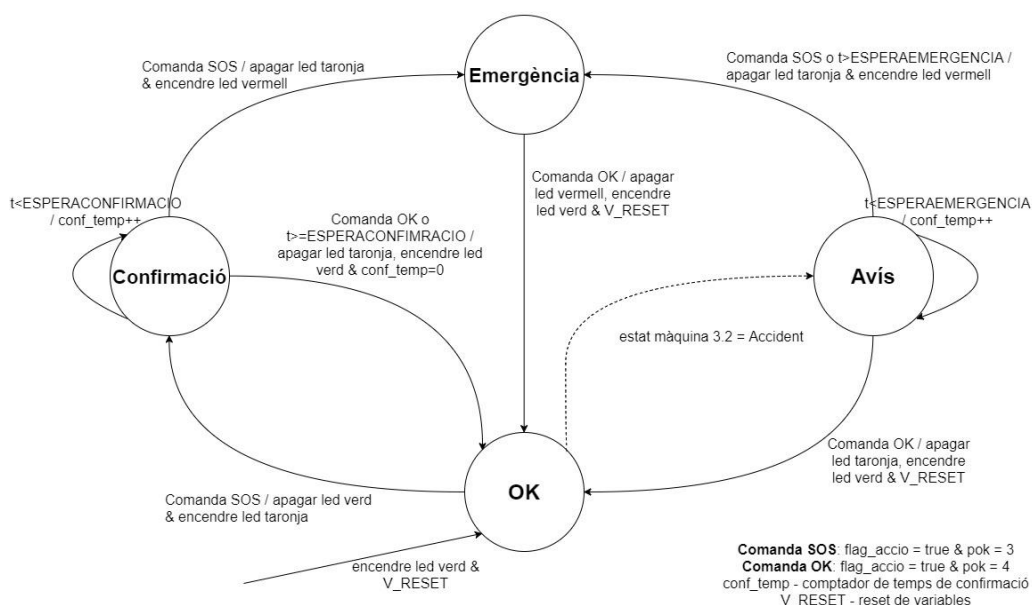
Un pols incorrecte es dona quant es reben dades abans del límit de temps mínim. Un pols correcte ve donat per la superació del límit inferior, i llavors en cas de rebre dades abans de superar el límit superior, es decideix que el pols es correcte però la comanda no ha finalitzat. Es torna a l'estat 'Block' per continuar comptant polsos.

Un cop superat el límit de temps superior a l'estat 'Segonsilenci' es dona per vàlid el nombre de polsos realitzats fins al moment, i s'activa el flag indicador de comanda finalitzada que dona pas a l'acció, per posteriorment tornar a l'estat 'Primersilenci' a l'espera d'una nova comanda.

L'estat 'Inicial' que es on s'arriba en tots els casos d'error canvia a 'Primersilenci' en rebre el següent flag de silenci per part de la primera màquina d'estats.

La tercera capa, la capa d'aplicació, conté dues màquines d'estats. Una és la màquina d'estats encarregada de detectar accidents, tant si són notificats per comanda per part de l'usuari, com si son detectats de forma automàtica pel sensor. Aquesta, però, es pot dividir en dues màquines d'estats diferents per a una comprensió i implementació mes senzilles, i que segueixen el següent esquema de funcionament:

Màquina d'estats 3.1: Detectora d'emergències per veu



Il·lustració 13 - Màquina d'estats 3.1: Detectora d'emergències per veu

La detecció d'emergències per veu correspon a la comanda 'SOS' codificada amb tres polsos i amb confirmació necessària per part de l'usuari per a més robustesa.

Parteix de l'estat 'Ok' on es suposa que l'usuari es troba en situació normal. En cas de que l'usuari realitzi tres polsos com a comanda (comanda 'SOS'), canvia d'estat a 'Confirmació', tot iniciant la monitorització del temps i indicant a l'usuari el canvi mitjançant un indicador lumínic. L'usuari disposa d'un temps definit per a repetir la comanda indicant la seva situació d'emergència i activant els actuadors corresponents (indicador extern lumínic i senyal d'emergència de l'emissora portàtil si es decidís implementar) o realitzar la comanda 'OK', de quatre polsos, per reiniciar la màquina i variables indicant que es tracta d'una falsa alarma. Si es supera el temps límit en l'estat 'Confirmació' es dedueix que l'usuari ha entrat la comanda per error i es torna a l'estat inicial, donat la poca probabilitat de que un usuari que es troba en situació d'emergència pugui activar la comanda només un cop en l'interval definit.

Aquesta funcionalitat també podria ser fàcilment modificada si l'usuari decidís que superar el llindar de temps indica indisposició i, per tant, emergència.

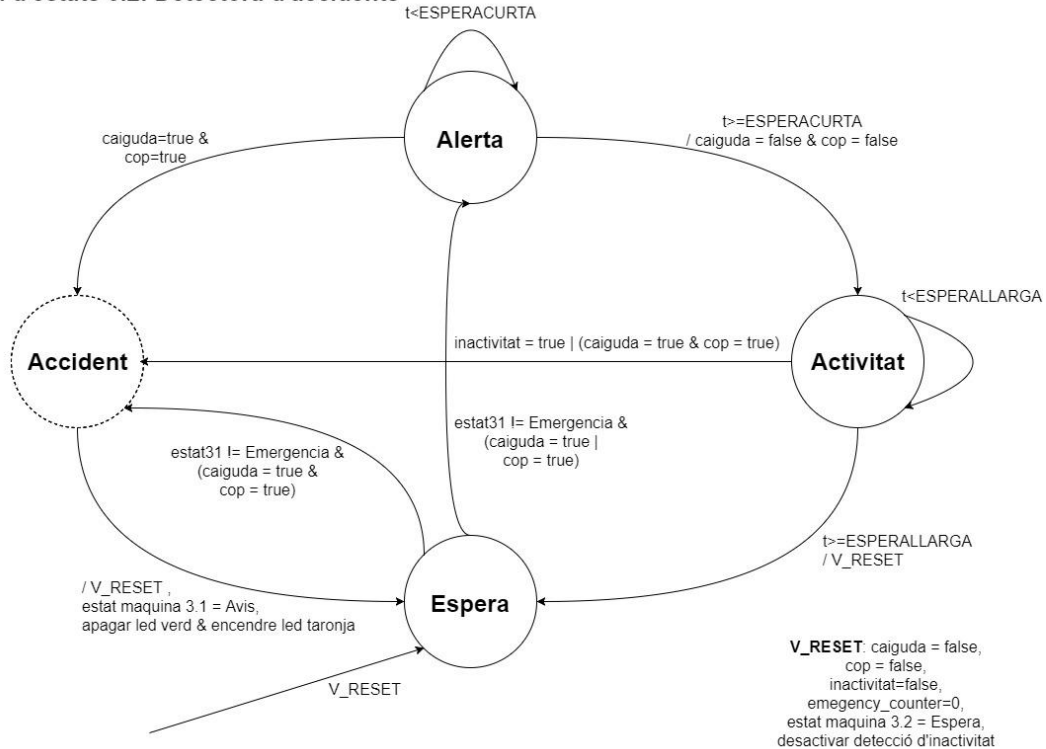
El canvi d'estat a 'Avis' ve donat per la detecció automàtica d'accident de la segona part d'aquesta màquina d'estats, i també disposa d'un temps definit i un indicador per a l'usuari per tal de realitzar la comanda 'Ok' si no es troba en situació d'emergència. Contràriament a la implementació de l'estat 'Confirmació', aquest estat canvia de a estat d' 'Emergència' en superar el temps límit, donat que la detecció automàtica de l'accident si que pressuposa indisposició per part de l'usuari per a realitzar la comanda 'SOS'. En cas de realitzar la comanda 'SOS' durant el temps definit, es canvia d'estat a 'Emergència' donat que l'usuari confirma la detecció automàtica de l'accident.

L'estat 'Emergència' només permet el canvi d'estat mitjançant la comanda 'OK' o el reinici del sistema.

Tots els canvis d'estat d'aquesta màquina d'estats van acompanyats de l'indicador lumínic corresponent.

La segona vessant de la detecció d'accidents, o vessant automàtica, es realitza mitjançant la detecció per part de l'acceleròmetre ADXL 345 de cops, caigudes lliures i inactivitat. Tots els valors llindars per a aquestes deteccions són fàcilment adaptables a l'usuari en el codi.

La vessant automàtica compleix el següent esquema de funcionament:

Màquina d'estats 3.2: Detectora d'accidents**II-lustració 14 - Màquina d'estats 3.2: Detectora automàtica d'accidents**

Inicialment a l'espera d'estímuls, en detectar un cop o una caiguda la màquina canvia d'estat a 'Alerta' sempre que no ens trobem en estat d'emergència (màquina 3.1).

En el cas de detectar dins d'un interval de temps definit tant una caiguda com un cop, es decideix que l'usuari pot haver patit un accident, i es canvia l'estat de la màquina 3.1 a 'Avis', encenent l'indicador corresponent, tal com s'ha presentat anteriorment i es torna a monitoritzar accidents.

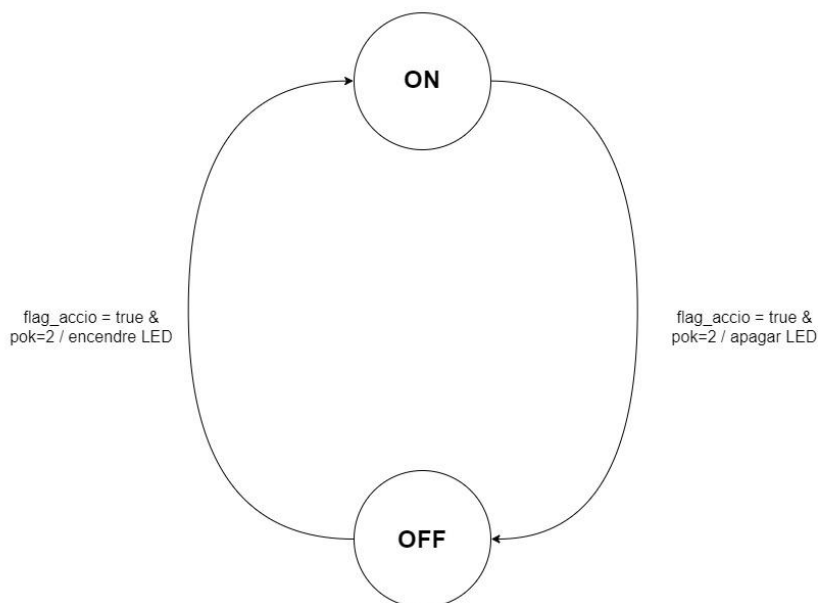
En cas de patir només un cop o una caiguda, el sensor monitoritza l'activitat de l'usuari, que de ser normal durant un interval establert descartarà l'accident tornant a l'estat d' 'Espera' però activarà l'estat d' 'Accident'(màquina d'estats 3.2) / 'Avis'(màquina d'estats 3.1) si el flag d'inactivitat es troba actiu o detecta caiguda i cop en qualsevol moment.

L'última de les màquines d'estats de la capa d'aplicació implementades és senzilla, amb estats 'On' i 'Off' que es pot utilitzar per a qualsevol actuator de sortida del qual només és vulgui encendre i apagar de forma simple. En aquest prototip només està aplicada a la funció d'il·luminació, tot i estar inicialment planejada també per a la funció de comunicació mitjançant l'activació i desactivació del PTT de l'emissora portàtil.

En el cas implementat, el LED, el nombre de polsos es de dos. Per a possibles noves implementacions només es necessari definir el nombre de polsos de la comanda associada.

Aquesta màquina segueix el següent comportament:

Màquina d'estats 4: LED



pok - comptador de polsos correctes

II·lustració 15 - Màquina d'estats 4: LED o màquina simple d'activació / desactivació

La màquina d'estats canvia d'estats en rebre la comanda amb els polsos corresponents, tot activant o desactivant l'actuador en el canvi.

2.2.2. Mòdul 'adc'

Es tracta d'un mòdul que gestiona la lectura analògica d'una entrada i la seva conversió a digital mitjançant l'anomenat ADC (Analògic to Digital Converter) de l'AVR.

S'utilitza el voltatge analògic per carregar un condensador i compara recursivament el valor analògic amb un valor digital (fins a 8 o 10 vegades segons la configuració).

El codi d'aquest mòdul es pot trobar complet a l'annex 1: Codi.

2.2.2.1. Llibreries

Les llibreries que s'utilitzen en aquest mòdul són les següents:

| | |
|-----------------|---|
| AVR/io | Llibreria per a l'ús de les entrades i sortides de l'AVR. |
| inttypes | Llibreria per a variables de tipus int de mida fixa. |

2.2.2.2. Definicions

Totes les definicions d'aquest mòdul corresponen a adreces.

2.2.2.3. Variables

Les variables que s'utilitzen en aquest mòdul són les següents:

| | |
|--------------------------|---|
| uint8_t adc_input | Pin d'entrada per a realitzar lectures. |
| uint8_t v_ref | Valor del voltatge de referència. |
| uint8_t adc_pre | Valor del prescaler. |

2.2.2.4. Funcions

Les funcions que s'utilitzen en aquest mòdul són les següents:

| | |
|--------------------|---|
| setup_ADC() | S'encarrega de realitzar la configuració inicial del conversor a partir de les tres variables entrades. |
| start_ADC() | Inicialitza el conversor. |
| read8_ADC() | Fa una lectura del valor analògic, el converteix a digital i la guarda el resultat en un byte. |

2.2.3. Mòdul 'tmr0'

Aquest mòdul gestiona el 'timer0' i la seva interrupció.

El 'timer0' es un temporitzador de 8 bits que en aquest projecte s'utilitza tant per al mostreig de l'entrada, com per a la monitorització del temps en les diferents màquines d'estats.

El codi d'aquest mòdul es pot trobar complet a l'annex 1: Codi.

2.2.3.1. Llibreries

Les llibreries que s'utilitzen en aquest mòdul són les següents:

| | |
|-----------------|---|
| AVR/io | Llibreria per a l'ús de les entrades i sortides de l'AVR. |
| inttypes | Llibreria per a variables de tipus enter de mida fixa. |

2.2.3.2. Variables

Les variables que s'utilitzen en aquest mòdul són les següents:

| | |
|-------------------------|----------------------|
| uint8_t ocr0a | Valor màxim. |
| uint8_t tmr0_pre | Valor del prescaler. |

2.2.3.3. Funcions

Les funcions que s'utilitzen en aquest mòdul són les següents:

| | |
|---------------------|---|
| setup_tmr0() | S'encarrega de realitzar la configuració inicial del temporitzador a partir de les dues variables entrades. |
|---------------------|---|

2.3. Assemblatge de l'entrada

La programació de l'AVR és la que es considera com a tasca principal de cara al funcionament del prototip, degut a que controlarà les dades rebudes de forma independent dels diferents actuadors d'entrada i prendrà les decisions corresponents en base a aquesta informació.

El codi constarà de 3 mòduls diferents; el mòdul principal, i els mòduls 'adc' i 'tmr0' amb els que ja s'ha treballat durant la titulació i dels quals s'aprofitaran les funcionalitats que ofereixen.

2.3.1. Entrada de veu

2.3.1.1. Dispositiu d'entrada

El dispositiu d'entrada del senyal de veu escollit és un laringòfon. Es tracta d'un tipus de dispositiu d'entrada de veu que recull les vibracions provocades per les cordes vocals i per tant no es veu afectat per ambients sorollosos, i el Cos de Bombers de la Generalitat amb els quals es realitza el prototip i els test ja disposen i utilitzen aquest tipus de dispositius.

Presenta com a desavantatge una lleugera sensació inicial agoviant per als professionals que no hi estan acostumats, però comenten que es superable i s'hi poden acostumar. Les alternatives poden ser un micròfon supressor de soroll, però presenta molèsties amb l'ús de l'equip de respiració assistida, o un micròfon cranial, que els professionals no recomanen per poca fiabilitat.

El laringòfon funciona correctament fins i tot col·locat sobre la roba de protecció tèrmica dels bombers, característica important, donat la dificultat i incomoditat que suposaria haver d'estar col·locat per sota, i el poc temps disponible pels bombers per a vestir-se a l'hora de fer una actuació.

La posició més adient per a la comunicació amb claredat és diferent per a cada individu, però la zona aproximada es als costats de la tràquea sobre la nou i ha de tenir un contacte ferm amb el coll, sense ofegar l'usuari.



Il·lustració 16 - Col·locació del laringòfon

El Cos de Bombers de la Generalitat utilitza el model TC-1 throat mic headset IS-safe de la marca SAVOX. En aquest prototip, per motius econòmics, i la impossibilitat d'accedir a un model original funcional s'utilitza un laringòfon més senzill, però la implementació es idèntica.

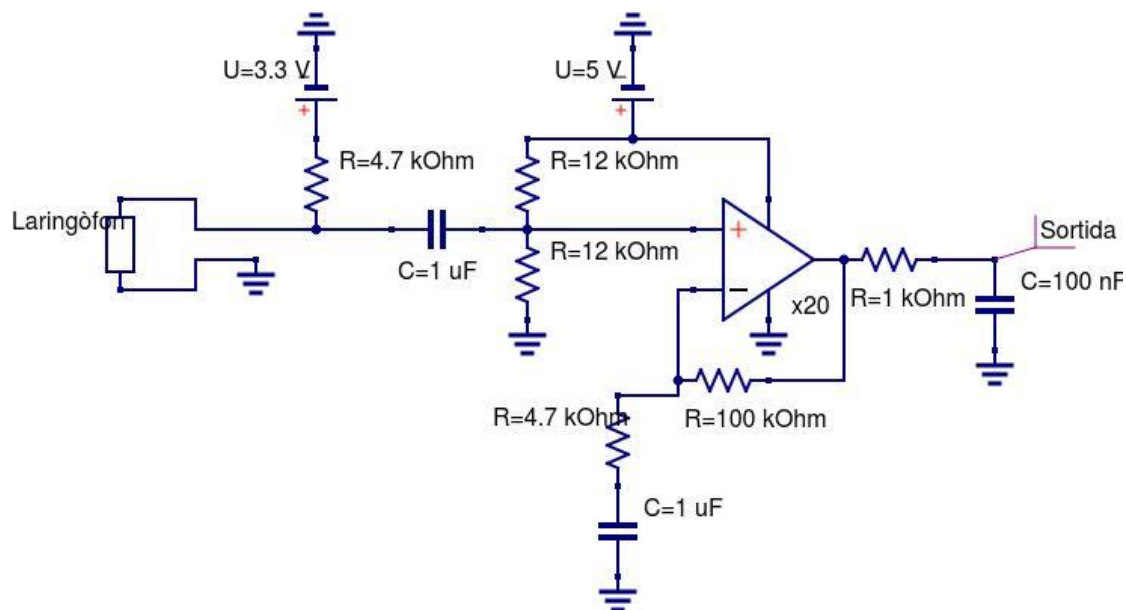


Il·lustració 17 - Laringòfon utilitzat pel Cos de Bombers de la Generalitat

2.3.1.2. Circuit d'entrada del senyal de veu

La connexió directa del laringòfon a l'AVR no es suficient, cal amplificar i netejar el senyal per tal de poder-hi treballar.

Per tal de dur a terme les operacions esmentades s'ha dissenyat i construït el següent circuit:



II-lustració 18 - Circuit d'amplificació i filtratge del senyal de veu

Es pot dividir en quatre trams.

El primer consta del propi laringòfon i una resistència pull-up connectada a 3'3V que alimenta el laringòfon.

El segon, format pel condensador i les dues resistències que conformen el divisor de tensió, que conjuntament formen un filtre pas alt amb una freqüència de tall de 159'2kHz.

El tercer el formen l'amplificador de guany 20 i la realimentació que actua com a circuit obert per al senyal continu, i com a amplificador no inversor per al senyal altern.

Per acabar s'implementa un filtre pas baix amb freqüència de tall 14'09Hz.

La sortida amplificada i filtrada es connectada al pin analògic 4, que és el definit com a entrada del convertidor d'analògic a digital, on es realitza el mostreig.

2.3.2. Acceleròmetre

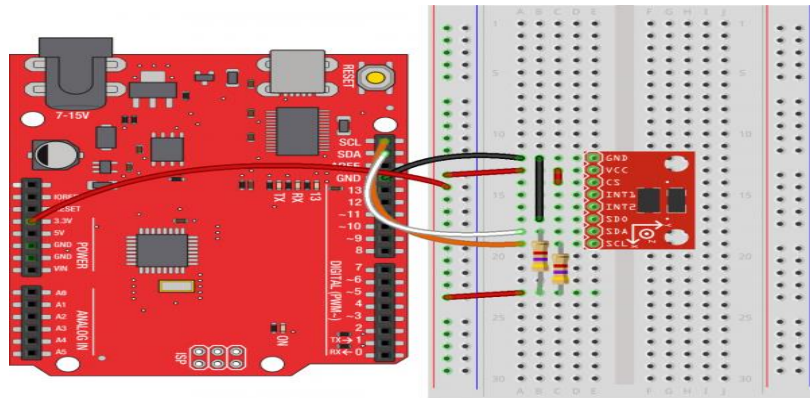
2.3.2.1. Dispositiu d'entrada

Per a la detecció d'accidents s'utilitza un acceleròmetre, concretament el model ADXL345. Aquest permet la detecció de moviment en 3 eixos i, mitjançant interrupcions activables i configurables, la detecció d'inactivitat, activitat, caiguda lliure, un cop i doble cop.

Per al prototip s'aprofita les funcionalitats de detecció de caiguda lliure, cop simple i inactivitat, tal i com es pot veure en l'apartat de codi d'aquesta memòria.

2.3.2.2. Circuit d'entrada

La comunicació amb el microcontrolador es realitza mitjançant protocol I²C i el circuit de muntatge es senzill, tal com es mostra a continuació:



Il·lustració 19 - Esquema de connexió de l'acceleròmetre ADXL345

El valor de les resistències escollides és de 4'7kΩ.

2.4. Assemblatge de les sortides

Les sortides corresponen als actuadors. En aquest prototip es corresponen amb els indicadors lumínics, o LEDs, la sortida de veu per l'emissora portàtil i la sortida d'àudio, a l'altaveu.

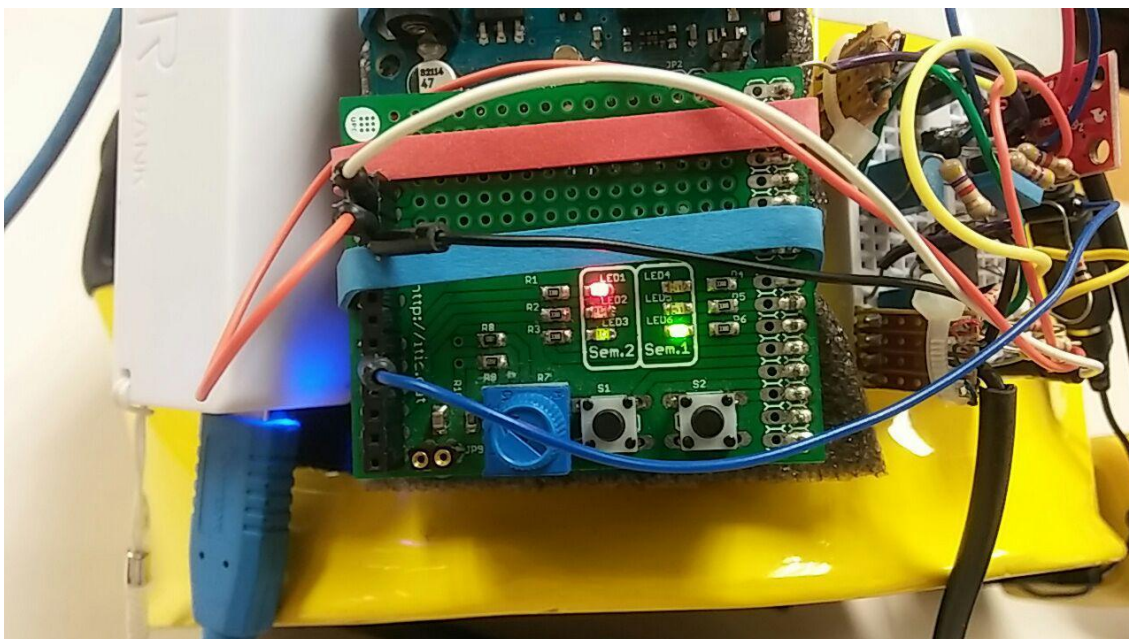
L'afegit de funcionalitat de botó PTT i/o botó d'emergència formarien part de la sortida a l'emissora portàtil.

2.4.1. Indicadors LED

2.4.1.1. Dispositius de sortida

La banda dreta, corresponent al semàfor 1, indica l'estat de l'usuari: verd pel bon estat, taronja quan hi ha una alerta, i vermell quan es confirma l'emergència.

La banda esquerra, o semàfor 2, utilitza l'indicador verd per indicar l'activació del flag d'interrupció, i el taronja pel flag de dades, tots dos per a funcions de debuggeig. L'indicador vermell es reserva per la comanda d'encendre actuator d'il·luminació.



II·lustració 20 - Indicadors LED

2.4.1.2. *Circuit de sortida*

Per a la realització d'aquest apartat s'han aprofitat els LEDs integrats a la Arduino DIPSE Shield, tots ells connectats a una resistència de 330Ω .

2.4.2. **Sortida de veu per l'emissora**

2.4.2.1. *Dispositiu de sortida*

L'emissora que s'utilitza en aquest prototip correspon a la disponible per a la major part del Cos de Bombers de la Generalitat, Sepura SRH3900.

Es tracta d'una emissora de ràdio portàtil amb 2 modes de treball, xarxa i directe, i funcionalitats com posicionament GPS, botó d'emergència, VOX o detecció automàtica de veu, i trucada telefònica.



II·lustració 21 - Emissora portàtil Sepura SRH3900

El modes xarxa i directe permeten comunicar grups de treball, i la seva diferència es troba en que el mode xarxa aprofita una infraestructura de comunicacions a nivell autonòmic (anomenada xarxa RESCAT), enviant i rebent senyal a i des de repetidors, mentre que el mode directe treballa només amb l'abast del propi dispositiu, clarament inferior.

El mateix dispositiu permet l'enviament de localització GPS mitjançant tecnologia TETRA, i el cos de bombers el té programat per a que tal funció es realitzi de forma periòdica.

El botó d'emergència, situat a la part superior, es programable, i en l'actualitat està programat de manera que si l'usuari el manté pulsat durant 2 segons automàticament envia la posició GPS, alerta la resta de terminals propers del grup de treball i permet la comunicació directa amb la sala de control sense necessitat de pulsar el botó PTT durant els primers segons de la comunicació.

La funcionalitat VOX, permet comunicar-se sense necessitat d'interactuar amb el botó de PTT, donat que el terminal detecta automàticament quan l'usuari parla. Actualment tots els bombers el tenen desactivat donat la quantitat de sorolls en el seu ambient de treball que activaven aquesta funcionalitat i interferien en els comunicacions.

Per acabar, el terminal també permet realitzar i rebre trucades telefòniques com si d'un telèfon mòbil es tractés.

2.4.2.2. *Circuit de sortida*

Per tal de poder utilitzar l'emissora com a mitjà de comunicació s'ha connectat la sortida de veu del laringòfon abans del circuit d'ampliació i filtrat directament a l'entrada de veu de l'emissora.



II-l·lustració 22 - Connexió del casc a l'emissora

2.4.3. Sortida d'àudio: altaveu

2.4.3.1. Dispositiu de sortida

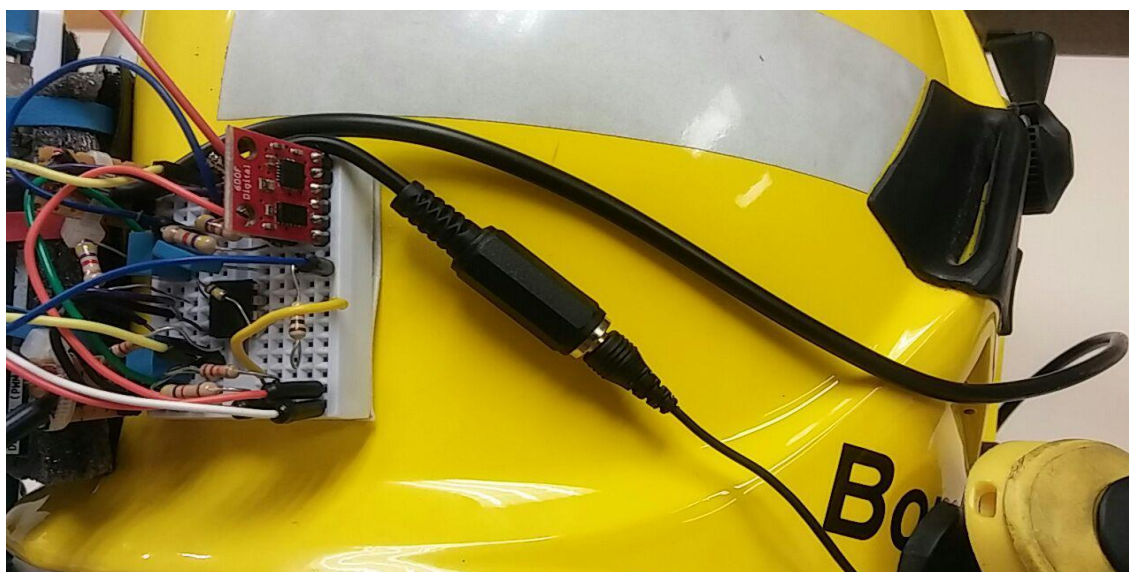
En observar que els bombers col·laboradors manifesten dificultats a l'hora de sentir comunicacions entrants, i la falta de dispositius que la facilitin al seu abast, es decideix, com a funcionalitat afegida i sense importància en el desenvolupament del prototip o la idea principal del projecte, afegir un altaveu a l'interior del casc.

2.4.3.2. Circuit de sortida

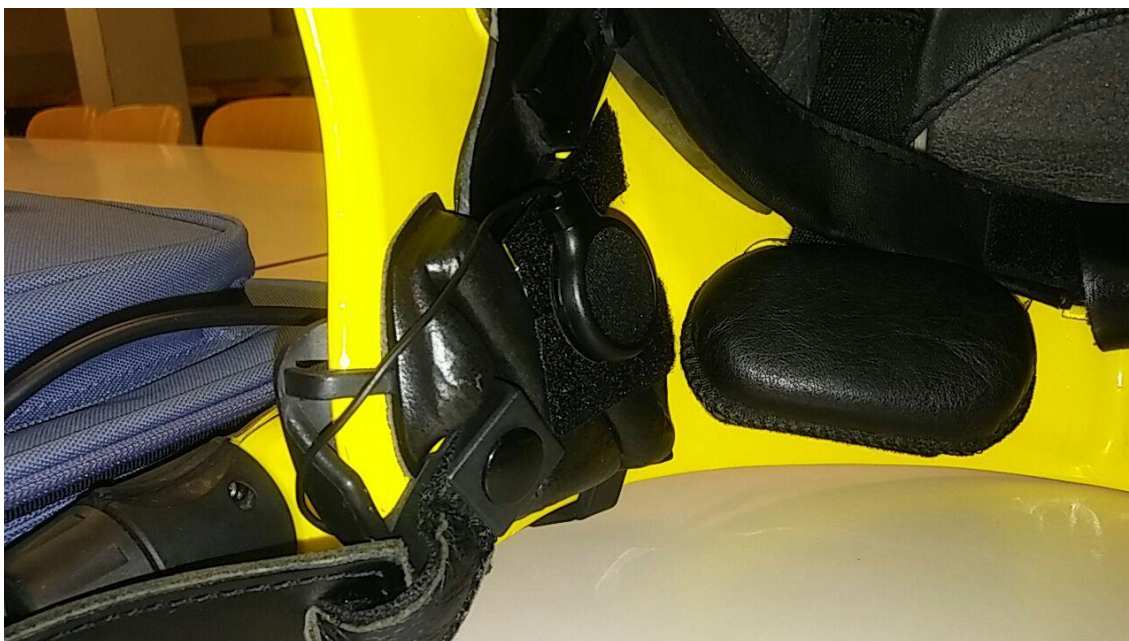
En tractar-se d'una funcionalitat de mostra i sense rellevància, no es realitza un estudi complet de les possibilitats en aquest àmbit, i s'opta per introduir una mostra simple al prototip.

Es tracta d'un altaveu de mida reduïda i utilitzat en dispositius de comunicació per a cascs de motorista connectat directament a la sortida d'àudio de l'emissora portàtil i subjectat a l'interior del casc.

Es fàcilment retirable tant retirant les connexions de la femella del jack d'àudio de la sortida de l'emissora, com retirant el mascle del jack de la femella.



Il·lustració 23 - Connexió de jack de l'altaveu



Il·lustració 24 - Altaveu col·locat al casc

2.4.4. Sortida d'àudio: PTT i botó d'emergència

Inicialment part dels objectius, degut a la manca de disponibilitat del connector específic del terminal radio, no es pot implementar l'activació per veu, tot i comptar amb la informació necessària per a la implementació.



Il·lustració 25 - Connexió del terminal i cable de connexió

CAPÍTOL 3. FINALITZACIÓ DEL PROTOTIP

3.1. Resultat final

S'assemblen les entrades i sortides i es comprova el funcionament de totes les parts conjuntament.



Il·lustració 26 - Conjunt funcional d'actuadors

Amb les entrades i sortides assemblades, es col·loquen tots els elements necessaris al casc.

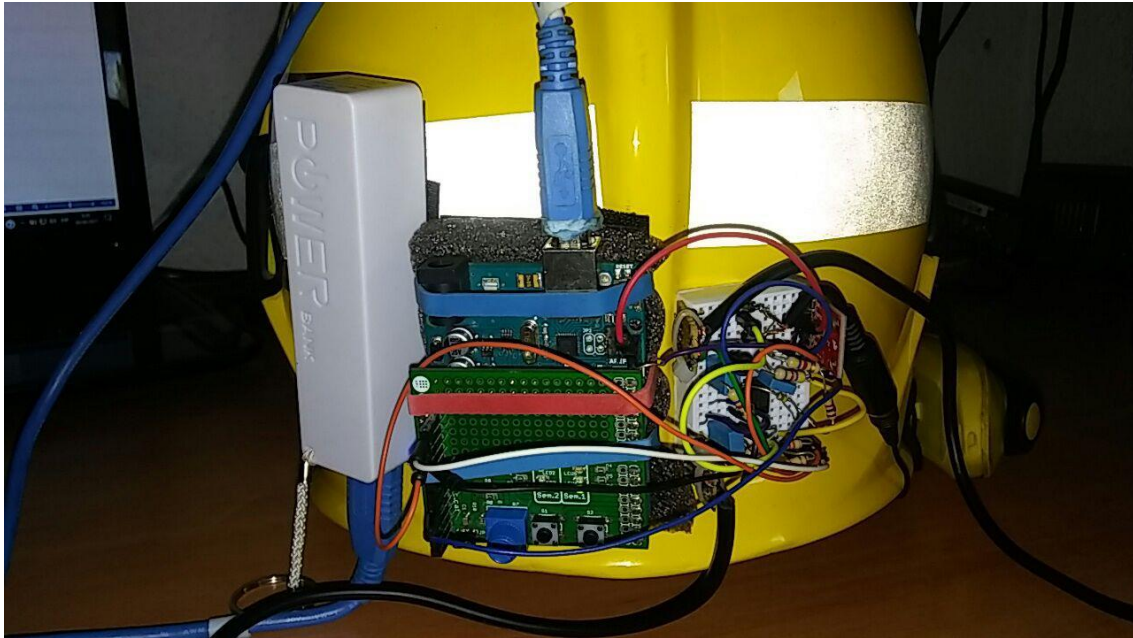
Donada la condició de prototip, la seva col·locació, anclatge i protecció no són definitius, i s'haurien d'estudiar en cas de voler comercialitzar el producte.

La circuiteria es concentra tota en una placa protoboard de mida reduïda i es fixa al casc mitjançant un adhesiu de doble cara.

L'Arduino amb la shield es col·loca sobre un material protector i aïllant i es fixa al casc mitjançant tires de velcro adhesives. Això permet un fixament prou estable i segur. A continuació es connecten les entrades i sortides pertinents.

Per últim s'afegeix una font d'alimentació provisional en forma de bateria recarregable per a realitzar els tests i demostracions amb llibertat d'actuació tal i com seria la situació real.

El muntatge final té la següent aparença:



Il·lustració 27 - Muntatge final sobre el casc

Aquest muntatge no desequilibra el casc, donat que augmenta el seu pes en només 90 grams per un total de 1815 grams (pes indicat pel fabricant: 1725 grams).

El resultat final del prototip col·locat és el següent:



Il·lustració 28 - Resultat final del prototip

3.2. Testejat del prototip

Durant el procés de prototipatge es mantenen diverses reunions i demostracions amb el Cos de Bombers de la Generalitat, per tal de conèixer les seves necessitats i opinions, així com mostrar els avenços del projecte. Un cop finalitzat el prototip es realitza una última trobada per a l'ajust de valors i funcionalitats d'acord a la necessitat dels professionals abans de donar el prototip per finalitzat.

Primera reunió, reunió informativa prèvia amb en Jordi Vidal, cap del Departament de Desenvolupament Tecnològic del Cos de Bombers de la Generalitat (21/06/2016):

- Assistents: Jordi Boada (autor del projecte), Jordi Bonet (tutor del projecte) i Jordi Vidal (Inspector del Cos de Bombers de la Generalitat).
- S'informa a l'inspector Vidal de la proposta escollida per al projecte, així com algunes de les opcions descartades.
- Es demana informació dels recursos actuals del cos en temes de comunicacions, i sobre la possibilitat de treballar amb material del mateix.
- L'inspector informa que actualment les emissores estandarditzades es troben programades per permetre comunicació en pulsar el botó PTT, per activar el protocol d'emergència en cas de pulsar el botó d'emergència durant un període de 2 segons i per canviar entre els modes de xarxa i directe.
- L'inspector informa de que les emissores disposen de tecnologia VOX (PTT automàticament activat en parlar) que no es troba habilitada donat la dificultat de determinar el nivell d'activació donat els ambients en els que treballen els bombers.
- L'inspector indica que també es troba desactivada la funció detectora d'home mort que incorpora l'emissora per recomanació dels usuaris.
- L'inspector descriu el funcionament del senyal d'emergència, que comporta una prioritat de comunicació de l'emissora on s'activa, l'enviament d'un senyal d'emergència al grup, l'enviament d'un missatge d'estatus 0 i l'enviament de la posició.
- L'inspector informa de que poden monitoritzar les posicions enviades pel terminal en els últims 6 minuts.
- L'inspector assenyala que la cobertura dels terminals equival a la suma de la cobertura de totes les companyies telefòniques.
- L'inspector comunica varies dades tècniques del terminal que coneix, com la potència d'1W a una freqüència de 400Hz en mode de treball directe, i una durada de la bateria d'1'5h mínima i 1 dia màxima.
- L'inspector dona a conèixer l'existència d'un nou terminal el qual es pot comunicar via Bluetooth, però no es tracta del model que els professionals utilitzen.
- L'inspector informa que disposen de laringòfons i s'han utilitzat amb anterioritat pels equips de resposta en risc químic.
- S'acorda l'enviament de material de mostra al parc de bombers de Manresa i la col·laboració del mateix per a les proves del prototip

Segona reunió, reunió informativa prèvia amb el caporal Jesús Martínez i els bombers de guardià al parc de Manresa del Cos de Bombers de la Generalitat (28/04/2017):

- Assistents: Jordi Boada (autor del projecte), Jesús Martínez (Caporal del Cos de Bombers de la Generalitat) i la resta de bombers de guardià al parc.
- Es presenta l'idea escollida als presents així com un resum de les descartades.
- La valoració dels presents respecte l'idea es favorable, la seva principal preocupació es l'entorn sorollós, el pes del casc i la facilitat a l'hora de vestir.
- Es comenta la implementació dissenyada, posant especial èmfasi en l'ús del laringòfon per la preocupació expressada respecte l'ambient sorollós.
- Troben la proposta útil, la preocupació dels professionals passa a ser la facilitat per vestir la peça i la comoditat durant l'actuació.
- Es realitzen varies proves del sistema amb la vestimenta de protecció completa, tant per part dels professionals com de l'autor del projecte.
- Els professionals consideren que es tracta d'un giny útil, però expressen que es podria millorar la claredat de la comunicació i la comoditat. Es respon que amb un millor laringòfon es poden suplir aquestes demandes.
- Els bombers confien en que es poden acostumar a la sensació del laringòfon al coll, tot i que inicialment implica una lleugera molèstia donada la falta de costum.
- Es comprova que es pot col·locar fàcil i ràpidament.
- S'anoten les principals preocupacions: mes claredat de transmissió i comoditat.

Tercera reunió, reunió de demostració amb en Víctor Fernández, caporal i integrant del comitè de seguretat laboral i el caporal Jesús Martínez, del Cos de Bombers de la Generalitat (21/06/2017):

- Assistents: Jordi Boada (autor del projecte), Víctor Fernández i Jesús Martínez (Caporals del Cos de Bombers de la Generalitat).
- El caporal Fernández considera que el control per veu es tracta d'una aplicació de gran utilitat.
- El caporal Fernández expressa la seva preocupació pel fet que els elements introduïts es trobin exposats a l'exterior. Es comenta que només es tracta del prototip de demostració i que un producte final comerciable introduiria una protecció per a aquests elements en forma de carcassa o similar.
- Es comprova conjuntament el funcionament i la claredat de transmissió amb l'ús del laringòfon, i el caporal considera que es correcta i comprensible.
- El caporal indica que troba correcte el sistema de control per polsos de veu.

- El caporal informa que aviat MSA-Gallet els presentarà un prototip de casc que inclou altaveu i un micròfon de mida reduïda amb funcionalitat VOX, que prometen filtra molt bé el soroll ambient mitjançant software.
- El caporal expressa interès en veure funcionar actuadors concrets més enllà dels LEDs, en concret una llanterna. S'informa que es tracta merament d'un prototip demostratiu i que la importància recau en l'activació per veu i no en l'actuador connectat.

Imatges de la reunió amb els caporals Fernández i Martínez:



Il·lustració 29 - Reunió amb el caporal Fernández



Il·lustració 30 - Reunió amb el caporal Fernández



II-lustració 31 - Reunió amb els caporals Fernández i Martínez

Quarta reunió, reunió d'ajust de valors i finalització de prototip amb el caporal Jesús Martínez i els bombers de guardià al parc de Manresa del Cos de Bombers de la Generalitat (1/07/2017):

- Assistents: Jordi Boada (autor del projecte), Jesús Martínez (Caporal del Cos de Bombers de la Generalitat) i la resta de bombers de guardià al parc.
- Es realitza una explicació dels canvis i novetats introduïts des de la segona reunió.
- Es sol·licita l'ajuda i assessorament dels assistents per a configurar i ajustar els valors líndar dels sensors d'acord a les seves necessitats.
- S'ajusten els valors i es realitzen proves per a cada ajust.
- Es realitzen proves de comunicació i entrada de comandes en diferents situacions (repòs, en actuació, amb màscara i amb cert grau d'esgotament i respiració alterada).
- Els professionals presents indiquen que la qualitat de la transmissió no empitjora respecte l'actual amb tot l'equipament col·locat, i per contra si resulta més còmoda en no haver de subjectar el terminal.
- Es recullen les valoracions i opinions del prototip final per part dels bombers. Són positives, tot i indicar que comandes en forma de paraula serien encara millors.
- El sistema de detecció d'accidents es ajustat segons les indicacions dels professionals que en queden molt satisfets del funcionament.

- S'anoten les línies de millora proposades pels bombers.



II-lustració 32 - Caporal Jesús Martínez provant el prototip.



Il·lustració 33 - Proves del prototip a la quarta reunió



Il·lustració 34 - Proves del prototip a la quarta reunió



Il·lustració 35 - Proves amb l'equip complet

CAPÍTOL 4. CONCLUSIONS I LINIES FUTURES

Un cop finalitzat el projecte es poden extreure les següents conclusions del mateix:

- S'ha aconseguit crear un prototip que interpreta ordres simples basades en polsos d'activitat de veu.
- S'ha implementat un algoritme senzill que consumeix poc.
- S'ha demostrat que el control per activitat de veu, tot i ser simple, es útil.
- No s'han assolit tots els objectius marcats, ha mancat el material necessari per a poder realitzar l'activació del PTT i del botó d'emergència de l'emissora, dels quals es coneix la teoria, tot i que no es pot descriure per confidencialitat de dades.
- La programació del codi ha estat la principal dificultat del projecte, elaborant el software de detecció i validació de veu des de zero i ocupant dos terços del temps total del treball.
- Del terç restant de temps dedicat al projecte, la major part ha estat la realització de tests del prototip i les seves funcionalitats.
- S'ha aconseguit demostrar el funcionament del sistema de comandes de veu, tot i que els actuadors utilitzats no són els que correspondrien a un producte comercialitzable, sinó una versió senzilla (exemple: LEDs enlloc de llanterna).
- Es demostra el funcionament del sistema de detecció d'accidents, amb una valoració molt positiva per part del col·lectiu de bombers.
- L'única possible desavantatge destacable per part dels bombers és el fet de tenir un element més a col·locar i ajustar en realitzar una sortida, però comportant una millora de les mesures de seguretat en actuació.
- Després de les proves i amb l'assessorament dels bombers s'han triat com a valors òptims:

| VARIABLE | VALOR | MOTIU |
|---|-------|--|
| MIDA DE FINESTRA | 50 | Es una mostra representativa, i comporta un retard acceptable. |
| FREQÜÈNCIA DE MOSTREIG | 8kHz | Estàndard per a veu. |
| LLINDAR DE DETECCIÓ D'ACTIVITAT DE VEU | 5000 | Detecta un nivell que no requereix forçar la veu, sense activar-se fàcilment. |
| HISTERESI | 10 | Amb un valor superior costa d'activar la detecció, amb un inferior s'activa en moments no desitjats. |
| TS1 | 20 | 0'5s. Correspon a la durada d'una pausa natural en parlar. |
| TS2 | 100 | 2'5s. Requereix d'allargar lleugerament una pausa natural. |
| TD1 | 20 | 0'5s. Correspon a la durada habitual d'un monosíl·lab. |
| TD2 | 80 | 2s. Supera lleugerament la durada habitual d'un monosíl·lab. |
| ESPERALLARGA | 4800 | 30s per recomanació de bombers. |

| | | |
|--------------------------|------|---------------------------------|
| ESPERACURTA | 800 | 5s per recomanació de bombers. |
| ESPERAEMERGENCIA | 3200 | 20s per recomanació de bombers. |
| ESPERACONFIRMACIO | 1600 | 10s per recomanació de bombers. |

Com a línies futures per al prototip es presenten varies idees:

- Reducció de la mida, dissenyant una PCB específica que incorpori la circuiteria necessària i elimini els elements no utilitzats d'Arduino.
- Disseny d'una carcassa protectora o d'un casc amb els elements incorporats a l'interior.
- Disseny i càlcul de l'alimentació idònia.
- Ampliació del software per tal de tractar de reconèixer comandes de veu. Es podrien registrar els valors de mostreig en entrar una comanda concreta i comparar les entrades amb els registres.
- Realització de l'activació per veu del PTT i botó d'emergència.

Es poden trobar vídeos de les proves realitzades amb bombers als següents enllaços:

- <https://www.youtube.com/watch?v=5g9rwQP5S1Y>
- <https://www.youtube.com/watch?v=GzfPEYUAtpo>
- <https://www.youtube.com/watch?v=LD4wo3n1D50>
- <https://www.youtube.com/watch?v=JENTnA1p0Y>
- https://www.youtube.com/watch?v=fX46_2rtpFQ
- <https://www.youtube.com/watch?v=qwOX6nHXnKM>
- <https://www.youtube.com/watch?v=SsSjFPmKwFI>

Per a més imatges es pot consultar l'annex 6.

CAPÍTOL 5. MANUAL D'USUARI

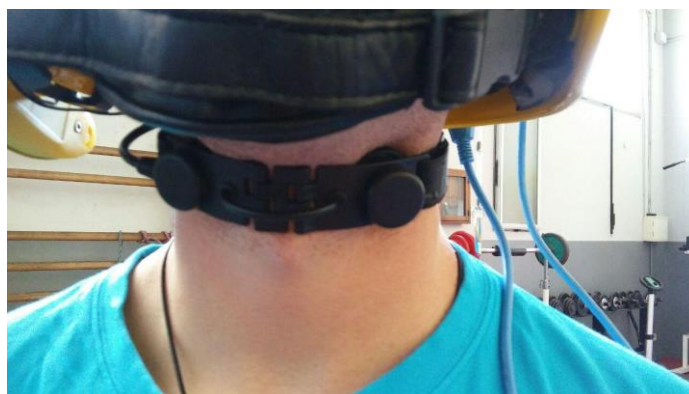
Encesa i apagada del prototip:

En connectar el cable d'alimentació a l'entrada USB de la bateria s'encendra l'Arduino, i 2 segons mes tard el programa ja es trobarà operatiu.

Per apagar el prototip es suficient amb desconectar el cable d'alimentació de la bateria.

Col·locació del prototip:

Col·locar el casc i seguidament ajustar el laringòfon de forma ferma però no ofegant a la part superior del coll, per sobre la nou, amb els dos piezoelèctrics a banda i banda de la tràquea.



Il·lustració 36 - Col·locació del laringòfon

Connectar el jack a l'extensor de PTT.

Introducció de comandes:

Les comandes estan codificades en polsos de veu. Per tal de considerar un pols correcte ha d'estar precedit i seguit per un silenci de durada superior a 125ms i inferior a 625ms, interromputs per una entrada de senyal de veu d'entre 125 i 500ms.

Per finalitzar una comanda cal mantenir el silenci posterior al senyal per un temps superior a 625ms.

Per l'entrada de comandes es recomana l'ús d'un monosíl·lab i allargar la seva pronúncia lleugerament.

Les comandes configurades són les següents:

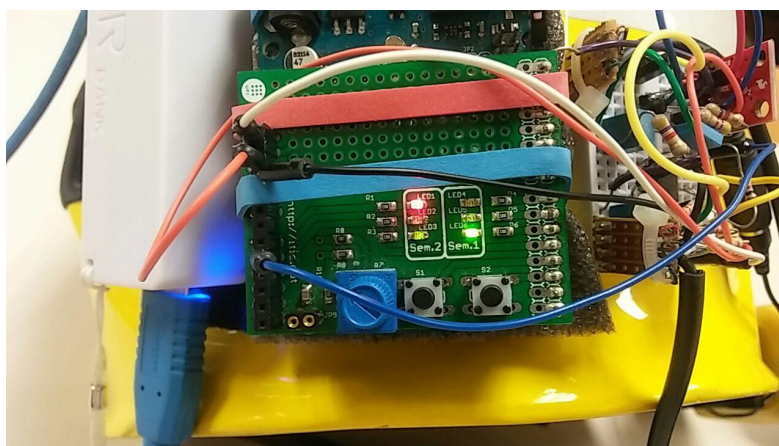
| COMANDA | NOMBRE DE POLSOS | CONFIRMACIÓ (REPETICIÓ DE COMANDA) |
|---------------------|------------------|------------------------------------|
| ENCENDRE/APAGAR LED | 2 | NO |
| SOS | 3 | SI |
| ESTAT OK | 4 | NO |

Indicadors:

El dispositiu compta amb 6 indicadors diferents col·locats en dues columnes de LEDs.

| INDICADOR | SIGNIFICAT |
|--------------------------|---|
| VERD (DRETA/SEM 1) | Interrupció de mostreig funcionant. * |
| TARONJA (DRETA/SEM 1) | Senyal de veu detectat |
| VERMELL (DRETA/SEM 1) | LED [Comanda LED] encés/apagat |
| VERD (ESQUERRE/SEM 2) | Bomber OK |
| TARONJA (ESQUERRE/SEM 2) | Primera entrada SOS/Accident detectat. Esperant confirmació SOS o OK. |
| VERMELL (ESQUERRE/SEM 2) | Senyal d'emergència. |

*L'intensitat del llum serà baixa degut a la velocitat de canvi d'estat del LED. Si no s'observa llum en absolut indica que no està funcionant.



Il·lustració 37 - Indicadors LED

Detecció d'accidents:

El protocol d'emergència automàtic es pot iniciar de dues maneres:

- En detectar-se una caiguda i un cop en un interval inferior a 5s.
- En detectar-se caiguda o cop i inactivitat de l'usuari durant 10s continus en un interval de 30s des de la detecció del cop o la caiguda.

Un cop iniciat el protocol d'emergència l'indicador taronja esquerre s'encendra, i si en 20s l'usuari no confirma el seu estat (SOS o OK) s'assumeix la indisposició de l'usuari i s'activa l'alerta. D'aquesta manera es garanteix un temps màxim d'avís d'emergència d'un minut.

Retorn a estat normal després d'emergència:

El retorn a l'estat inicial es pot produir entrant la comanda OK o reiniciant el dispositiu.

Comunicació ràdio:

Per tal de comunicar mitjançant emissora només cal accionar el botó PTT. Pressionar el botó PTT no impedeix l'entrada de comandes.

CAPÍTOL 6. BIBLIOGRAFIA

- [1] Arjo129, «µSpeech | Arjo129». [En línia]. Disponible a: <https://arjo129.wordpress.com/experiments/µspeech/>. [Accedit: 15-feb-2017].
- [2] Atmel, «ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P».
- [3] CCMA, «Un gironí crea un casc de moto intel·ligent que avisa els serveis d'urgències en cas d'accident», 2016. [En línia]. Disponible a: <http://www.ccma.cat/324/un-gironi-crea-un-casc-de-moto-intelligent-que-avisa-els-serveis-durgencies-en-cas-daccident/noticia/2756076/>. [Accedit: 28-oct-2016].
- [4] Daniel Páez, «Helmet». [En línia]. Disponible a: <http://www.helmet.io/>. [Accedit: 28-oct-2016].
- [5] S. Electr, «1 Introducció 3 Components 4 Esquema teòric i disposició de components», p. 3-5, 2014.
- [6] J. Hom i J. Paulino, «Multi-Functional Voice Activated Safety Helmet».
- [7] J. R. Kwapisz, G. M. Weiss, i S. A. Moore, «Activity recognition using cell phone accelerometers», *ACM SIGKDD Explor. Newsl.*, vol. 12, núm. 2, p. 74, març 2011.
- [8] leandro4b, «Speech Recognition With Arduino». [En línia]. Disponible a: <http://www.instructables.com/id/Speech-Recognition-with-Arduino/>. [Accedit: 19-set-2016].
- [9] MSA-Gallet, «F1 SF Instructions Guide». .
- [10] planetleak, «Arduino Voice Control: 3 Steps». [En línia]. Disponible a: <http://www.instructables.com/id/Arduino-voice-control/>. [Accedit: 19-set-2016].
- [11] SAVOX, «TC-1 throat mic headset IS-safe». .
- [12] SAVOX, «C-C400 com-control unit - PTT». .
- [13] G. Schroen, «First In», 2005.
- [14] SparkFun, «SparkFun Triple Axis Accelerometer Breakout - ADXL345 - SEN-09836 - SparkFun Electronics». [En línia]. Disponible a: <https://www.sparkfun.com/products/9836>. [Accedit: 08-maig-2017].
- [15] Sparkfun, «EasyVR Shield 3.0 - Voice Recognition Shield - COM-13316 - SparkFun Electronics». [En línia]. Disponible a: <https://www.sparkfun.com/products/13316>. [Accedit: 19-set-2016].

- [16] S. De Telecomunicacions, «Guia d ' Usuari Sepura SRH 3900», 2015.
- [17] «BitVoicer - Overview | BitSophia». [En línia]. Disponible a: <http://www.bitsophia.com/en-US/BitVoicer/Overview.aspx>. [Accedit: 19-set-2019].
- [18] «Arduino Uno Rev3». [En línia]. Disponible a: <https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3>. [Accedit: 25-set-2016].
- [19] «MSA Spain». [En línia]. Disponible a: <http://es.msasafety.com/?locale=ca>. [Accedit: 02-març-2017].
- [20] «Noise-canceling microphone - Wikipedia». [En línia]. Disponible a: https://en.wikipedia.org/wiki/Noise-canceling_microphone. [Accedit: 17-març-2017].
- [21] «Roger G3XBM's (Mainly) Amateur Radio Blog: Sound powered transmitters». [En línia]. Disponible a: <http://g3xbm-qrp.blogspot.com.es/2009/10/sound-powered-transmitters.html>. [Accedit: 17-març-2017].
- [22] «With Savox, you're never alone». [En línia]. Disponible a: <https://www.savox.com/>. [Accedit: 02-març-2017].
- [23] «draw.io». [En línia]. Disponible a: <https://www.draw.io/>. [Accedit: 12-juny-2017].
- [24] «I2C Bus Description and Pinout». [En línia]. Disponible a: http://www.interfacebus.com/Design_Connector_I2C.html. [Accedit: 27-maig-2017].
- [25] «SPI Interface - Tutorial». [En línia]. Disponible a: http://www.corelis.com/education/SPI_Tutorial.htm. [Accedit: 27-maig-2017].

CAPÍTOL 7: ANNEXOS

ANNEX 1:

CODI

ANNEX 1: CODI

autor: Jordi Boada

```
#include <ADXL345.h>
#include <Wire.h>
#include <avr/interrupt.h>
#include <stdbool.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

#include "adc.h"
#include "tmr0.h"

#define ADXL345_DATA_READY          0x07
#define ADXL345_SINGLE_TAP         0x06
#define ADXL345_DOUBLE_TAP         0x05
#define ADXL345_ACTIVITY            0x04
#define ADXL345_INACTIVITY          0x03
#define ADXL345_FREE_FALL           0x02
#define ADXL345_WATERMARK           0x01
#define ADXL345_OVERRUNY            0x00
#define ADXL345_DEVICE (0x53)      // Adreça ADXL345

#define MIDA 50 //Mida de la finestra de mostreig
#define CONTINUA 128 //Valor de referencia de continua
#define LLINDAR 5000 //Llindar de detecció de veu
#define TS1 20 //temps mínim de silenci -- 80 mostres de silenci = 500ms de silenci
#define TS2 100 //temps màxim de silenci
#define TD1 20 //temps mínim de dades
#define TD2 80 //temps màxim de dades
#define HISTERESI 10 //Valor d'histeresi màquina 1
#define ESPERACURTA 800 //5s
#define HISTERESI 10
#define ESPERALLARGA 4800
#define ESPERAEMERGENCIA 3200
#define TEMPSCONFIRMACIO 1600

ADXL345 adxl = ADXL345(); //Classe ADXL345

typedef enum { //Estat de la màquina detectora de senyal
    Data,
    Silence,
    Isitdata,
    Isitsilence,
} machine_state_t;

typedef enum { //Estat de la màquina de blocks
    Inicial,
    Primersilenci,
    Block,
    Segonsilenci
} state_t;

typedef enum { //Estat de les màquines d'acció simples
```

```

    ON,
    OFF
} state3_t;

typedef enum { //Estat de la maquina 3.1 accidents
    Ok,
    Avis,
    Confirmacio,
    Emergencia
} state31_t;

typedef enum { //Estat de la maquina 3.2 detectora d'accidents
    Espera,
    Alerta,
    Activitat,
    Accident
} accident_state_t;

boolean caiguda=false; //Indicador de deteccio caiguda
boolean cop=false; //Indicador de deteccio de cop
boolean inactivitat=false; //Indicador de deteccio d'inactivitat
long emergency_counter; //comptador de temps pel protocol d'emergencia
static const uint8_t ocr0a=249; //per fer F_m=8kHz, T_m=125us
uint8_t segment[MIDA]; // mida de la finestra. Ultimes 50 mostres ->6.25ms
volatile int32_t power=0; //potencia
volatile int32_t power2=0; //copia de la potencia
uint8_t index=0; //index de la llista (es podria fer cua circular facilment)
volatile bool flag_int=false; //indicador de 50 interrupcions
bool flag_silenci=false; //indicador de canvi a silenci
bool flag_data=false; //indicador de canvi a dades
machine_state_t estat=Silence; //maquina d'estats 1
state_t estat2=Primersilenci; //maquina d'estats 2
state3_t estat32=OFF; //maquina d'estats LED
state31_t estat31=Ok; //maquina emergencies 3.1
accident_state_t acstate=Espera; //maquina emergencies 3.2

void setup(){ //funcio de configuracio
    Serial.begin(9600);
    Serial.println("SETUP");
    emergency_counter=0;
    Wire.begin();
    adxl.init(ADXL345_DEVICE);
    adxl.setRangeSetting(4); // Give the range settings
    // Accepted values are 2g, 4g, 8g or 16g
    // Higher Values = Wider Measurement Range
    // Lower Values = Greater Sensitivity
    adxl.setActivityX(1); // Set to activate movement detection in the axes "adxl.se
    adxl.setActivityY(1);
    adxl.setActivityZ(1);
    adxl.setActivityThreshold(17); // 62.5mg per increment // Set activity // Ina

    adxl.setInactivityX(0); // Set to detect inactivity in all the axes "adxl.setInactivi
    adxl.setInactivityY(0);
    adxl.setInactivityZ(0);
    adxl.setInactivityThreshold(17); // 62.5mg per increment // Set inactivity // Ina

```

```

adxl.setTimeInactivity(CINC);          // How many seconds of no activity is inactive?

adxl.setTapDetectionOnX(1); // Detect taps in the directions turned ON "adxl.setTapDet
adxl.setTapDetectionOnY(1);
adxl.setTapDetectionOnZ(1);

// Set values for what is considered a TAP and what is a DOUBLE TAP (0-255)
adxl.setTapThreshold(300);             // 62.5 mg per increment
adxl.setTapDuration(15);               // 625 µs per increment
adxl.setDoubleTapLatency(80);          // 1.25 ms per increment
adxl.setDoubleTapWindow(200);          // 1.25 ms per increment

// Set values for what is considered FREE FALL (0-255)
adxl.setFreeFallThreshold(7);          // (5 - 9) recommended - 62.5mg per increment
adxl.setFreeFallDuration(30);          // (20 - 70) recommended - 5ms per increment

// Turn on Interrupts for each mode (1 == ON, 0 == OFF)
adxl.setInterrupt( ADXL345_INT_INACTIVITY_BIT, 1);
adxl.setInterrupt( ADXL345_INT_ACTIVITY_BIT, 1);
adxl.setInterrupt( ADXL345_INT_FREE_FALL_BIT, 1);
adxl.setInterrupt( ADXL345_INT_SINGLE_TAP_BIT, 1);
adxl.setInterrupt( ADXL345_INT_DOUBLE_TAP_BIT, 0);

//-----Configuracio ADC i tmr0-----//

setup_ADC(1,5,16); //(adc_input,v_ref,adc_pre)
//adc_input (0-5 (default=5), 8 Ta, 14 1.1V, 15 GND
//v_ref 0 (AREF), 1(1.1V), default=5 (5V)
//adc_pre 2,4,8,16(default),32,64,128
setup_tmr0(ocr0a,8);

//-----//

sei(); //activar interrupcions
DDRB |= _BV(DDB5); //pin 13 com a sortida per debuggar amb LED
DDRD |= (1<<DDD4); //pin 4 com a sortida
DDRD |= (1<<DDD5);
DDRD |= (1<<DDD6);
DDRD |= (1<<DDD7);
DDRC |= (1<<DDC2);
DDRC |= (1<<DDC3);
PORTD |= _BV(PORTD5); //Encendre verd
}

void loop(){ //bucle principal
  uint8_t aux_counter=0; //comptador histeresi maquina 1
  uint8_t ts=0; //controla temps a la maquina2
  uint8_t td=0; //controla temps a la maquina2
  uint8_t pok=0; //nombre de polsos valids
  bool flag_accio=false; //indica comanda finalitzada
  uint16_t conf_temp=0; //temps per confirmar PTT
  while(true){
    /*
    /MAQUINA 1:
    */

```

```

if (flag_int){
    switch(estat){
        case Silence:
            flag_silenci=false;
            if (power2>LLINDAR){
                aux_counter=1;
                estat=Isitdata;
            }
            break;
        case Isitdata:
            if (power2>LLINDAR){
                if (aux_counter<HISTERESI)
                    aux_counter+=1;
                else{
                    flag_data=true;
                    estat=Data;
                    PORTC |= _BV(PORTC3);
                    aux_counter=0;
                }
            }
            else{
                estat=Silence;
                aux_counter=0;
            }
            break;
        case Data:
            flag_data=false;
            if (power2<LLINDAR){
                aux_counter=1;
                estat=Isitsilence;
            }
            break;
        case Isitsilence:
            if (power2<LLINDAR){
                if (aux_counter<HISTERESI)
                    aux_counter+=1;
                else{
                    flag_silenci=true;
                    estat=Silence;
                    PORTC &= ~_BV(PORTC3);
                    aux_counter=0;
                }
            }
            else{
                estat=Data;
            }
            break;
    }
}
/*
/MAQUINA 2:
*/
switch(estat2){
case Inicial:
    if(flag_silenci){
        estat2=Primersilenci;
        ts=0;
    }
}

```



```

    }
break;
case Primersilenci:
    if(ts<20){
        ts+=1;
        if(flag_data){
            estat2=Inicial;
        }
    }
    else{
        ts+=1;
        flag_accio=false;
        pok=0;
        if(flag_data){
            estat2=Block;
            td=0;
        }
    }
}
break;
case Block:
    td+=1;
    if(td>TD2){
        estat2=Inicial;
    }
    else{
        if(flag_silenci){
            ts=0;
            if(td>TD1){
                estat2=Segonsilenci;
            }
        }
        else{
            estat2=Primersilenci;
        }
    }
}
break;
case Segonsilenci:
    ts+=1;
    if(ts>TS2){
        pok+=1;
        estat2=Primersilenci;
        //ACCIO!!
        flag_accio=true;
    }
    else{
        if(flag_data){
            if(ts>TS1){
                pok+=1;
                td=0;
                estat2=Block;
                //POLS VALID!!
            }
        }
        else{
            //POLS INVALID
            estat2=Inicial;
        }
    }
}

```

```

    }
}
break;
}
/*
/MAQUINA 3.1: Emergencies
*/
switch(estat31){
case Ok:
    if(flag_accio && pok==3){
        estat31=Confirmacio;
        PORTD |= _BV(PORTD6); //Encenem taronja
        PORTD &= ~_BV(PORTD5); //Apaguem verd
        conf_temp=0;
    }
    break;
case Avis:
    conf_temp+=1;
    if(flag_accio && pok==4){
        estat31=Ok;
        PORTD |= _BV(PORTD5); //Encendre verd
        PORTD &= ~_BV(PORTD6); //Apagar taronja
        Serial.println("R");
        acstate=Espera;
        caiguda=false;
        cop=false;
        inactivitat=false;
        emergency_counter=0;
        conf_temp=0;
        adxl.setInactivityX(0); // Set to detect inactivity in all the axes "adxl.setIna
        adxl.setInactivityY(0);
        adxl.setInactivityZ(0);
    }
    else{
        if((flag_accio && pok==3) | conf_temp>=ESPERAEMERGENCIA){
            estat31=Emergencia;
            PORTD |= _BV(PORTD7); //Encendre vermell
            PORTD &= ~_BV(PORTD6); //Apagar taronja
            conf_temp=0;
        }
    }
    break;
case Confirmacio:
    conf_temp+=1;
    if(conf_temp>ESPERACONFIRMACIO | (flag_accio && pok==4)){
        estat31=Ok;
        PORTD |= _BV(PORTD5); //Encendre verd
        PORTD &= ~_BV(PORTD6); //Apagar taronja
        Serial.println("R");
        conf_temp=0;
    }
    else{
        if(flag_accio && pok==3){
            estat31=Emergencia;
            PORTD |= _BV(PORTD7); //Encendre vermell
            PORTD &= ~_BV(PORTD6); //Apagar taronja

```

```

    }
}
break;
case Emergencia:
    if(flag_accio && pok==4){
        estat31=Ok;
        PORTD |= _BV(PORTD5); //Encendre verd
        PORTD &= ~_BV(PORTD7); //Apagar vermell
        Serial.println("R");
        caiguda=false;
        cop=false;
        inactivitat=false;
        emergency_counter=0;
        conf_temp=0;
        adxl.setInactivityX(0); // Set to detect inactivity in all the axes "adxl.setIna
        adxl.setInactivityY(0);
        adxl.setInactivityZ(0);
    }
    break;
}
/*
    /MAQUINA simple: LED
*/
switch(estat32){
case ON:
    if(flag_accio && pok==2){
        estat32=OFF;
        PORTC &= ~_BV(PORTC2);
    }
    break;
case OFF:
    if(flag_accio && pok==2){
        estat32=ON;
        PORTC |= _BV(PORTC2);
    }
    break;
}
/*
    /MAQUINA 3.2: emergencies automatiques
*/
switch(acstate){
case Espera:
    if(estat31!=Emergencia){
        if(caiguda | cop){
            acstate=Alerta;
        }
    }
    break;
case Alerta:
    emergency_counter+=1;
    if(caiguda & cop){
        acstate=Accident;
    }
    else{
        if (emergency_counter==ESPERACURTA){ //5 segons d'espera
            acstate=Activitat;

```

```

    }
}
break;
case Activitat:
    emergency_counter+=1;
    if(caiguda & cop){
        acstate=Accident;
    }
    else{
        if(inactivitat){
            acstate=Accident;
        }
        else{
            if(emergency_counter==ESPERALLARGA){
                caiguda=false;
                cop=false;
                inactivitat=false;
                emergency_counter=0;
                acstate=Espera;
                adxl.setInactivityX(0); // Set to detect inactivity in all the axes "adxl.setInact
                adxl.setInactivityY(0);
                adxl.setInactivityZ(0);
            }
        }
    }
break;
case Accident:
    //PROTOCOL ACCIDENT
    Serial.println("AC");
    emergency_counter=0;
    estat31=Avis;
    caiguda=false;
    cop=false;
    inactivitat=false;
    emergency_counter=0;
    acstate=Espera;
    adxl.setInactivityX(0); // Set to detect inactivity in all the axes "adxl.setInact
    adxl.setInactivityY(0);
    adxl.setInactivityZ(0);
    PORTD |= _BV(PORTD6); //Encenem taronja
    PORTD &= ~_BV(PORTD5); //Apaguem verd
    break;
}
flag_int=false;
}

ADXL_ISR();
}
}

/***** ISR *****/
/* Look for Interrupts and Triggered Action */
void ADXL_ISR() {

    // getInterruptSource clears all triggered actions after returning value

```

```

// Do not call again until you need to recheck for triggered actions
byte interrupts = adxl.getInterruptSource();

// Free Fall Detection
if(adxl.triggered(interrupts, ADXL345_FREE_FALL)){
//Serial.println("*** FREE FALL ***");
caiguda=true;
enable_inactivity();
}

// Inactivity
if(adxl.triggered(interrupts, ADXL345_INACTIVITY)){
Serial.println("*** INACTIVITY ***");
inactivitat=true;
}

// Tap Detection
if(adxl.triggered(interrupts, ADXL345_SINGLE_TAP)){
Serial.println("*** TAP ***");
cop=true;
enable_inactivity();
}
}

void enable_inactivity(){
// Set to detect inactivity in all the axes "adxl.setInactivityXYZ(X, Y, Z);" (1 == C
adxl.setInactivityY(1);
adxl.setInactivityZ(1);
}

ISR(TIMERO0_COMPA_vect){ //interrupcio de temps -> mostreig de veu
PORTD |= (1<<PD4);
int8_t input=read8_ADC()-CONTINUA; //pot donar problemes amb continua diferent de 12
// int16_t input=(int16_t)read8_ADC()-CONTINUA; //alternativa
start_ADC();
index+=1;
power+=(input*input);
if (index==MIDA){
power2=power;
flag_int=true;
index=0;
power=0;
}
PORTD &= ~(1<<PD4);
}

```

ANNEX 2:

**MSA-GALLET
HELMET
DATASHEET**

CONDICIONES DE UTILIZACIÓN Y NORMAS

CASCO DE SEGURIDAD

El casco de seguridad F1SF está exclusivamente concebido para la lucha contra incendios, trabajos de salvamento / desmonte, auxilio en carretera y en general para todos los trabajos definidos por el cargo de bombero. Cualquier otra utilización debe excluirse y exonera de responsabilidad a la sociedad MSA GALLET.

El casco F1SF equipado con cubrenucas cumple la directiva 89/686/CE y está certificado según EN443:2008. En función de la configuración individual del casco, en el mismo pueden marcarse requisitos opcionales de EN443:2008 como los especificados a continuación:

Tipo B: Indica la zona de protección asegurada por el casco de seguridad (zona 1a-1b)

Tipo B3b: Indica la zona de protección ampliada asegurada por el casco de seguridad (área 1a-1b y 3a-3b)

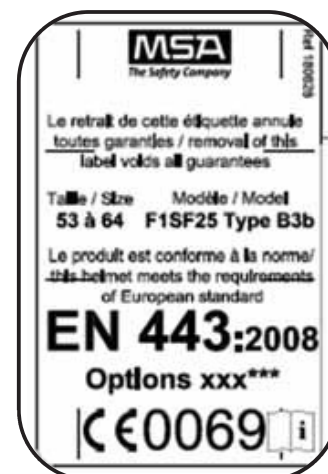
Marca E2: Indica el aislamiento eléctrico del casco mojado

Marca E3: Indica una superficie no conductora de la copa.

Marca **: Indica protección a baja temperatura hasta -20 °C; ***-30 °C

Marca C: Indica resistencia contra productos químicos

Marca (Wheelmark): Cumple con la Directiva de Equipos Marinos (MED) 96/98/CE



Ejemplo de marca

El casco F1SF asegura una protección de la cabeza y la cara frente a choques, objetos cortantes, proyección de productos sólidos, líquidos, corrosivos, productos químicos (NaOH, H₂SO₄, n-heptano, p-xileno, butanol-1...), metales fundidos, calor radiante, llamas, corriente eléctrica. En situaciones en que las condiciones sobrepasen las previstas en las instrucciones de trabajo mencionadas más arriba, la protección del usuario no podrá garantizarse.

Peso sin accesorios: 1725 ±50 gramos (cubrenuca integral de lana incluido)

Rango de tallas de la cabeza: 53-64 cm

El casco cuenta con acondicionamientos que permiten la adaptación de un sistema de comunicación e iluminación, un equipo de protección respiratoria y un cubrenucas.

¡Advertencia!

- Un casco que lleve una marca de conformidad con la EN443, si va acompañado de otro equipo de protección individual o de un accesorio (diferente de los previstos por el fabricante del casco), puede no ser conforme a todos los artículos de la norma. Consultar estas instrucciones.
- Sustituir las copas que presenten arañazos importantes y/o cuyo recubrimiento se haya eliminado.

PANTALLA DE PROTECCIÓN FACIAL

La pantalla de protección facial incolora o con recubrimiento dorado cumple la directiva 89/686/CE y está certificada según la norma EN14458:2004.

Esta pantalla facial está destinada a garantizar una protección contra los diversos riesgos susceptibles de sobrevenir durante las intervenciones de lucha contra incendios, de los servicios de ambulancia y emergencia, con excepción de los riesgos de tipo respiratorio por emisión de humo y gas / vapor. La pantalla es resistente a la proyección de productos químicos idénticos a los citados anteriormente para el casco.

VISOR OCULAR

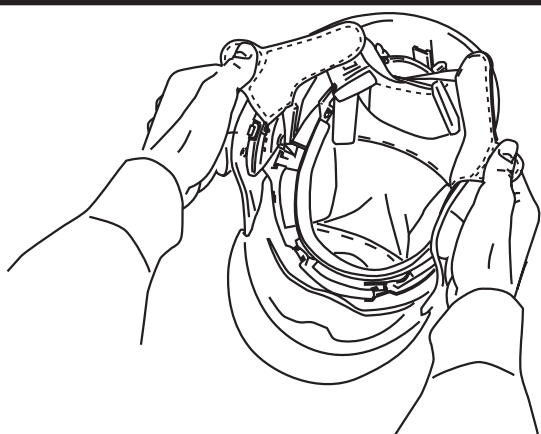
El visor ocular cumple la directiva 89/686/CE y está certificado según la norma EN 166:2002 con el marcado Gallet 2A EN 166-A CE (2: clase óptica; A: Resistencia al impacto de alta energía a 190 ms⁻¹). Este visor asegura la protección de los ojos frente a impactos y proyecciones.

¡Advertencia!

- Si debajo de una pantalla de protección facial se llevan gafas graduadas, éstas pueden dañarse durante un impacto y suponer un riesgo de lesión para su portador.
- Debe sustituirse cualquier pantalla rayada o dañada.
- Las prestaciones de la pantalla de protección facial sólo son válidas si ésta se utiliza en posición abatida. La pantalla debe estar retraída debajo de la copa durante la utilización de un equipo respiratorio autónomo (ERA).
- Es preferible utilizar los equipos que no lleven la marca "T" con temperaturas ambiente que no sean extremas.
- Los materiales que entran en contacto con la piel del portador podrían producir alergias en individuos sensibles.

ES

AJUSTE DEL CASCO



Para máxima seguridad y comodidad se recomienda que ajuste su casco a un ángulo vertical de 20° a 30°. Además, es indispensable efectuar los siguientes ajustes:

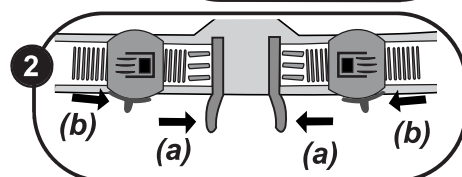
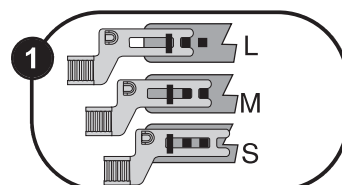
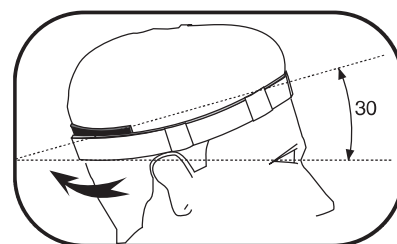
ARNÉS RATCHET

A

PERÍMETRO DE CABEZA

- Regular la talla de la banda con la ayuda de los siguientes ajustes:
- S: aconsejada para un contorno de cabeza de 53 a 56 cm
- M: aconsejada para un contorno de cabeza de 56 a 60 cm
- L: aconsejada para un contorno de cabeza de 60 a 64 cm

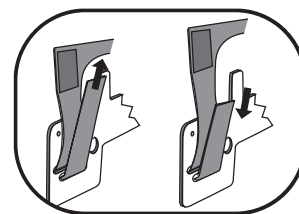
- 1 Regulación de la talla
- 2 Regulación rápida: (a) Apretar (b) Soltar



B

ALTURA DE COLOCACIÓN

- La regulación de la altura de colocación del casco se realiza variando la profundidad de la redecilla, para lo cual se deben pasar las 2 patillas autoadhesivas a través de los orificios de la placa de nuca.


B'

ÁNGULO DE COLOCACIÓN

Conexión de la interfaz delantera del arnés ratchet con el revestimiento interior

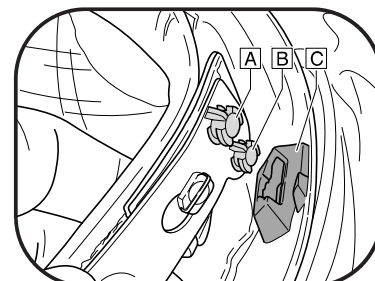
Posición predeterminada:

Clip **(A)** insertado en la pestaña del revestimiento interior **(C)**

Posición alternativa:

Clip **(B)** insertado en la pestaña del revestimiento interior **(C)**

Para soltar la conexión (clip A o B), presionar hacia abajo la palanca de fijación situada en la pestaña del revestimiento interior (C) utilizando una herramienta plana (p. ej., un destornillador), y tirar hacia arriba de la interfaz delantera del arnés ratchet.



BARBOQUEJO

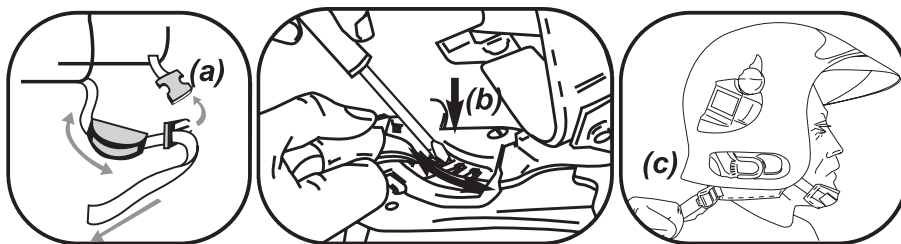
C

AJUSTE

- Abrochar la hebilla automática **(a)**.
- Ajustar la posición de la mentonera presionando los clips de ajuste laterales de los soportes del barboquejo **(b)**.
- Tensar el barboquejo sin apretar excesivamente (las dos partes autoadhesivas deben estar en contacto).
- De ser necesario, centrar la mentonera deslizándola. También está permitido retirarla por completo.
- Ajustar la tensión trasera tirando de dos correas laterales **(c)**.



Este casco cumple con las exigencias de retención de la EN443:2008 cuando el barboquejo proporcionado por el fabricante del casco se lleva y se ajusta conforme a estas instrucciones.



Criterios para comprobar que el casco está correctamente ajustado:

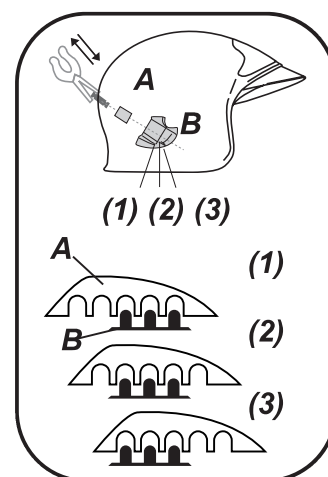
Cuando la cabeza está inclinada hacia adelante y el barboquejo desatado, el casco debe permanecer en su sitio. La pantalla facial no debe tocar la nariz.

KITFIX

D

KITFIX

- Acoplar la máscara a los kits de conexión "Kitfix" **A** y comprobar la estanqueidad de la máscara.
- Para ajustar el tensado de la máscara en el casco **B**:
 - use un par de alicates para retirar el pasador;
 - ajustar el Kitfix en la posición **(1)**, **(2)** ó **(3)** (según la tensión deseada de la máscara);
 - sujetar el Kitfix con el pasador (empujando hasta el tope).



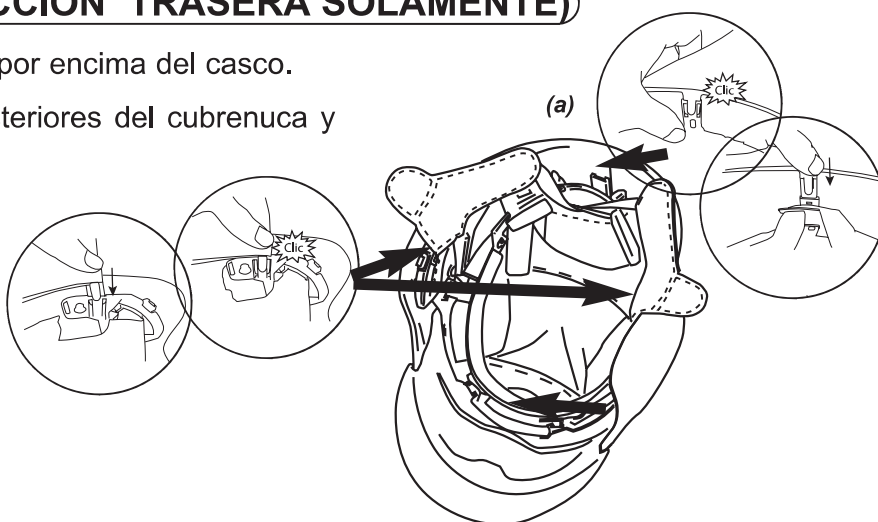
ES

CUBRENUCAS

E

CUBRENUCAS (PROTECCIÓN TRASERA SOLAMENTE)

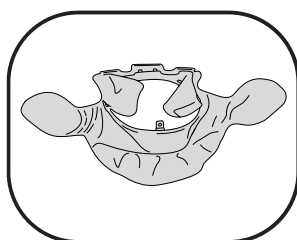
- Colocar el cubrenuca al revés por encima del casco.
- Colocar las tres fijaciones posteriores del cubrenuca y apretar hasta oír el clic **(a)**.



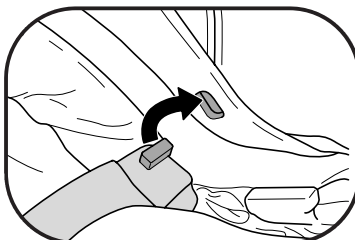
E'

EL CUBRENUCA INTEGRAL (PROTECCIÓN TOTAL)

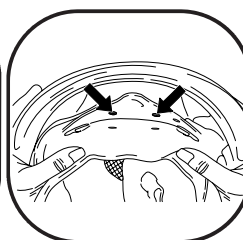
- Colocar el cubrenuca al revés por encima del casco.
- Colocar las tres fijaciones posteriores del cubrenuca y apretar hasta oír el clic **(a)**.



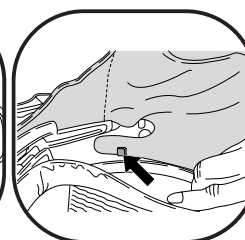
Cubrenucas integral
GA1110



Colocar el extremo
del carril en las
aberturas laterales



Deslizar el
cubrenucas y
enganchar el
carril en las dos
aberturas



Enganchar la
lengüeta de tela
detrás del clip
pequeño del
revestimiento
interior

PANTALLAS PARA PROTECCIÓN FACIAL Y OCULAR

PRESTACIONES SEGÚN EN14458 PARA LAS PANTALLAS DE PROTECCIÓN FACIAL

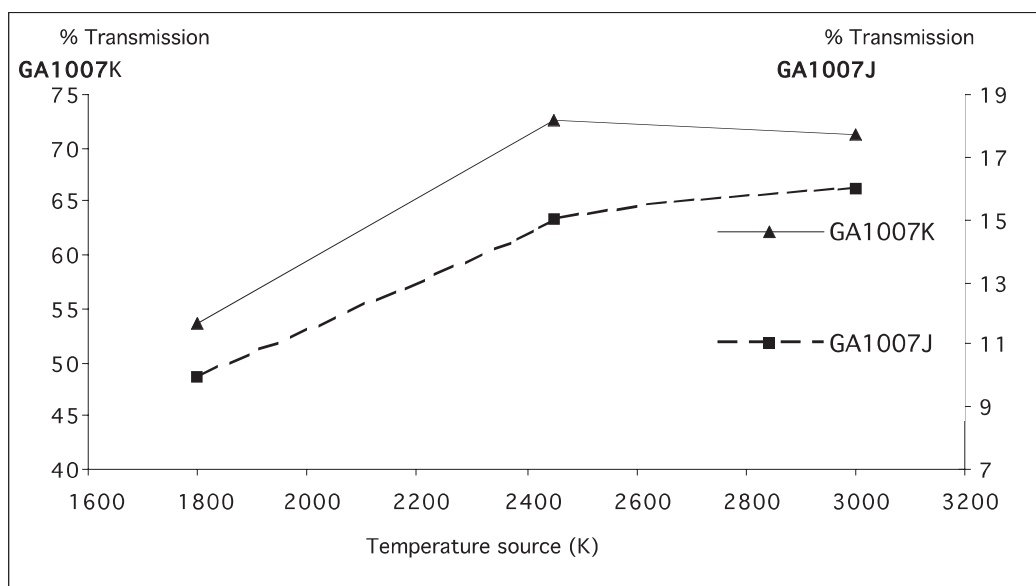
Cada pantalla cuenta con una etiqueta permanente que lleva el marcado conforme a norma

| | | |
|--------------------------|-----------------|----------------|
| Pantalla facial incolora | Ref. GA1007K | Marcado CE |
| Pantalla facial dorada | GA1007J | |

| Marca | Prestaciones |
|-----------|---|
| + | Conforme a las exigencias adicionales para bomberos |
| ⊙ | Tipo de pantalla: protección ocular |
| ☺ | Tipo de pantalla: protección facial |
| -30°; 120 | Conforme a las exigencias de funcionamiento a -30 °C y +120 °C |
| Ω | Conforme a las exigencias de resistencia eléctrica |
| A | Resistencia al impacto de alta energía a 190 ms ⁻¹ (únicamente para GA1007K) |
| T | Resistencia a temperaturas extremas |
| K | Resistencia a daños por partículas finas (recubrimiento anti-rayadura) |
| N | Resistencia al empañamiento |
| 5-2,5 | Nivel de protección solar EN 172:2002 (únicamente para GA1007J) |

Nota: Etiqueta resistente 50 h frente a UV 450W y a la humedad.

La protección contra el calor radiante garantizada por estas pantallas varía con la temperatura de la fuente de calor, tal como se muestra en este gráfico. Es conveniente utilizar la pantalla únicamente en casos en que la misma pueda reducir la exposición de los ojos del portador por debajo de 100 W/m².



AJUSTAR LA PANTALLA FACIAL Y EL VISOR OCULAR

1. **PANTALLA DE PROTECCIÓN FACIAL:** Se posiciona tirando manualmente hacia abajo o hacia arriba.
2. **VISOR OCULAR:** Se maneja mediante la leva situada en el lado derecho del casco. La resistencia de manejo se regula enroscando o desenroscando la rueda situada en el lado izquierdo del casco.

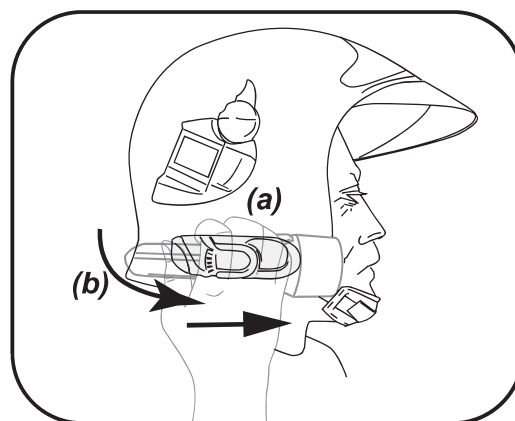
INSTALACIÓN DE LOS ACCESORIOS

LINTERNA

- Introducir la lámpara en la ranura del soporte desde la apertura posterior **(a)**.
- Girar la linterna y luego llevarla hacia adelante para que entre en su alojamiento **(b)**.
- Orientar la linterna arriba y abajo hasta la posición deseada.

Cada posición está marcada con un tope.

- Para retirar la lámpara, presionarla ligeramente hacia el casco mientras se desliza hasta la apertura posterior **(a)** del soporte de lámpara.



ES

MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL CASCO

ALMACENAMIENTO

Almacenamiento después del uso: No guardar el casco F1 SF sin antes limpiarlo y secarlo. Después de cada utilización, guardar el casco (con la pantalla en posición fuera de uso) en una bolsa MSA Gallet (GA1043) o un lugar cerrado (armario, guardarropa), protegido de la humedad, de la luz y de los gases de escape. Evitar que el casco se caiga o se golpee, pues podrían deteriorarse las pantallas (rajarse, rayarse), debilitarse su sistema amortiguador o deteriorarse la pintura de acabado.

Almacenamiento de pantallas (piezas de repuesto): Almacene las pantallas en sus correspondientes bolsas de plástico en un lugar cerrado apartado de la humedad, de la luz y de las emisiones de gases.

TRANSPORTE

- Durante el transporte, la pantalla debe retraerse dentro del casco (en posición fuera de uso), que a su vez irá dentro de una bolsa MSA Gallet (GA1043).

LIMPIEZA DE LA COPA Y LAS PANTALLAS

- Todas las copas: Limpieza con agua jabonosa mediante un paño suave (se prohíbe el uso de esponja abrasiva).
- Todas las pantallas: Limpieza con CLEAR PILOT (GA1616) o con agua jabonosa mediante un paño suave.

LIMPIEZA DEL ARNÉS

Se puede limpiar a 30 °C con un detergente suave

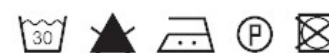


LIMPIEZA DEL CUBRENUCA

CubreNUCA hecho de lana: Se puede limpiar a 30 °C con un detergente suave



CubreNUCA hecho de nomex: Se puede limpiar a 30 °C con un detergente suave



CubreNUCA hecho de tejido aluminizado: Limpiar a 30 °C solo con agua

⚠ ¡Advertencia! No utilice productos de limpieza que contengan hidrocarburos ni disolventes para limpiar su casco o sus pantallas.

MANTENIMIENTO Y SERVICIO POSVENTA

Siga metódicamente el orden cronológico en el desmontaje del casco para llegar a la pieza que hay que cambiar.

Después, el montaje se hará en el orden inverso. Compruebe cuidadosamente el montaje y apriete correctos de todas las conexiones.

Se necesitan un destornillador plano de poca longitud y unos alicates.



El casco absorbe la energía de un violento impacto destruyéndose parcialmente o deteriorándose. Aunque este deterioro no sea visible, es importante sustituir cualquier casco que haya sufrido un golpe violento.

1 ARNÉS RATCHET

ARNÉS

- Retirar el arnés con cuidado desenganchando los clips delantero y trasero de su alojamiento.

Para soltar la conexión delantera, presionar hacia abajo la palanca de fijación situada en la pestaña del revestimiento interior utilizando una herramienta plana (p. ej., un destornillador), y tirar hacia arriba de la interfaz delantera del arnés ratchet.

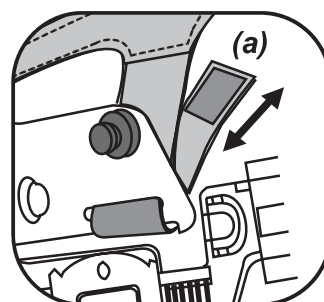
Observación: Para facilitar el montaje, cerrar al máximo el sistema de ajuste rápido.

DESMONTAJE DEL CONJUNTO

REDECILLA

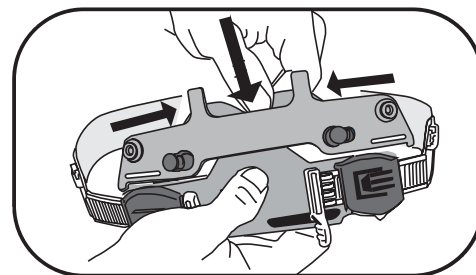
Desengajar la redecilla por delante al mismo tiempo que la patilla frontal.

Desengajar la redecilla por detrás (a).



INTERFAZ TRASERA

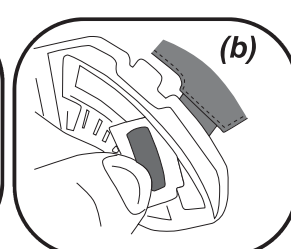
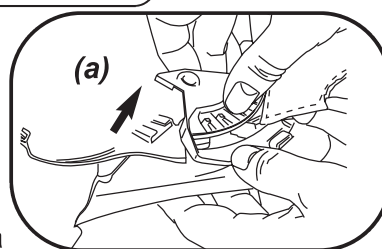
Curvando ligeramente la banda de cabeza, liberar la primera patilla y luego la segunda.



2 INTERFACES INTERNAS

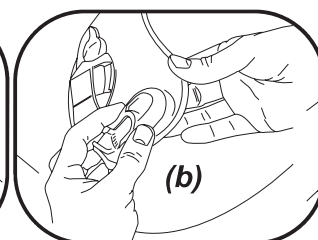
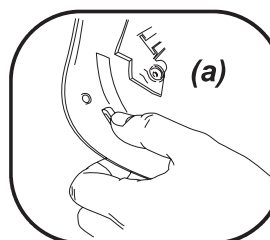
BARBOQUEJO Y SOPORTES

- Retirar los tornillos de ambos lados.
- Una vez que se hayan retirado los tornillos, quitar los soportes del barboquejo separándolos del casco de arriba hacia abajo (a).
- Retirar las presillas de su soporte para soltar el barboquejo (b).
- Para montarlo de nuevo, asegurarse de que todas las piezas se conectan correctamente. Introducir nuevamente el tornillo y apretarlo con firmeza, pero no en exceso.



SOPORTES DE LÁMPARA

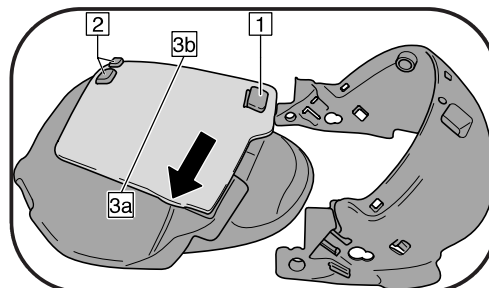
- Desde el interior del casco (a), empujar hacia delante la sección frontal de los soportes para sacarlos (b).



ES

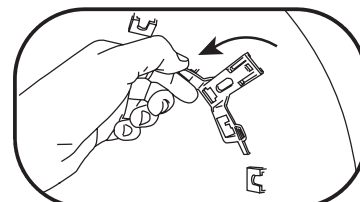
REVESTIMIENTO INTERNO Y CASQUETE

- Para montar de nuevo el casquete en buen estado, asegurarse de que la capa de refuerzo está fijada correctamente en los 4 puntos (debe poder verse la marca).



INTERFAZ TRASERA

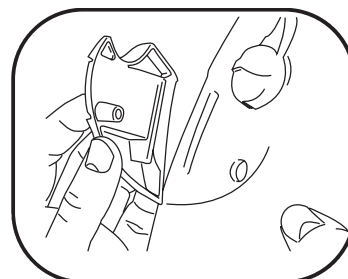
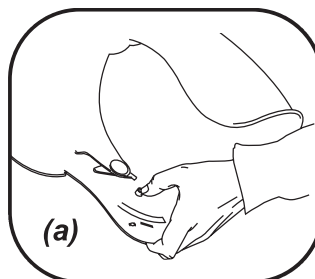
- Levantar la fijación de la protección de nuca y empujarla para soltar la interfaz.



KITFIX

- Empujar los tetones de los Kitfix desde el interior del casco hacia fuera para desmontarlos **(a)**.

Observación: para instalarlos de nuevo, colocar la ranura del Kitfix en la ranura del casco y luego encajar el tetón en el orificio ubicado en la parte delantera del casco. Asegurarse de que el tornillo que sujeta el conjunto está apretado correctamente.

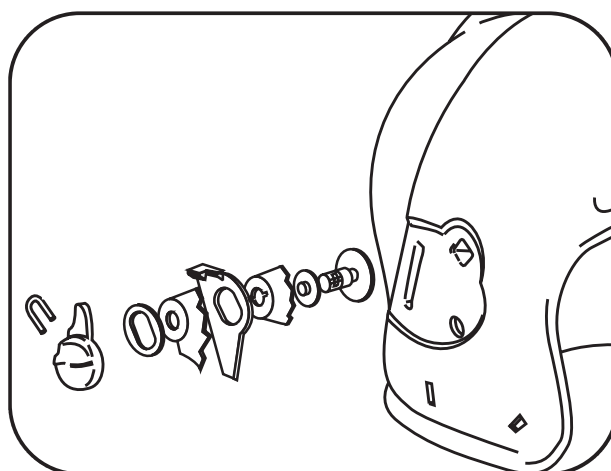


3 PANTALLAS

PANTALLA FACIAL Y VISOR OCULAR

Ahora pueden desmontarse la pantalla facial, el visor ocular y sus ejes:

- Aflojar la rueda izquierda.
- Retirar las horquillas derecha e izquierda con un destornillador.
- Retirar la rueda derecha (con leva) y retirar el eje redondo desde dentro (leva hacia arriba cuando el visor ocular se encuentra retraído).
- Desenroscar la rueda izquierda y retirar el eje cuadrado.
- Doblar el visor ocular para extraerla.
- Recoger las arandelas espaciadoras negras (la pieza alargada que sirve para bloquear la pantalla facial se encuentra en el lado derecho).
- Soltar la pantalla facial y quitarla sin rayarla.
- Retirar las arandelas blancas de estanqueidad que queden en el casco.

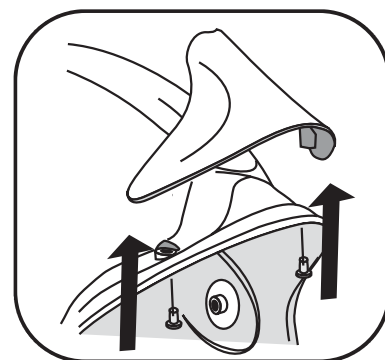


4 PLACA FRONTAL

PLACA FRONTAL

- Retirar la placa frontal (2 tornillos).

Observación: La placa frontal puede quitarse en cualquier momento durante el desmontaje, siempre que se proteja la pantalla facial con un paño suave.



ES

SERVICIO POSVENTA

Mantenimiento, Recambios

Este casco es un equipo de protección individual (EPI) de categoría 3. MSA Gallet recomienda que sea inspeccionado periódicamente, al menos cada dos años, por un técnico autorizado. Para más información, consulte con su distribuidor.

- Inspeccionar todas las piezas del casco antes y después de cada uso, en especial todos los puntos de fijación.
- Anclaje correcto • Ningún desgaste evidente • Ninguna rotura

- Verificar que el casco esté siempre correctamente ajustado.

Reemplazar las partes deterioradas solo con repuestos originales MSA GALLET, pues sólo estos están homologados y garantizan la conformidad del casco.

VIDA ÚTIL DEL PRODUCTO

La vida útil de este casco dependerá del tipo o los tipos de materiales utilizados en su construcción y del entorno en el que se use y almacene el casco. Solicitar recomendaciones a este respecto al fabricante.

GARANTÍA



Todos nuestros modelos, accesorios y recambios son minuciosamente verificados antes de salir de la fábrica.

Los cascos **MSA GALLET** y los accesorios opcionales poseen una garantía de dos años, incluidas las piezas y mano de obra, a partir de la fecha de compra, para cualquier fallo que pueda surgir durante una utilización conforme a los términos y condiciones descritos en este manual.

ANNEX 3:

**SEPURA
SRH3900
DATASHEET**



SRH3900

HAND-HELD

Available as the SRH3900 or SRH3900 sGPS™, this **compact, rugged** hand-held radio is proven to withstand day to day use in the harshest environments found in the public safety, transport and utilities markets.

TOUGH

The SRH3900 offers the reassurance of continued operation irrespective of the knocks and drops of operational use.

HIGH PERFORMANCE

The RF power is fully customisable in TMO, DMO and as a DMO Repeater, delivering reliable communications when most needed.

FEATURE-RICH

The SRH3900 boasts an extensive set of features, including optional GPS, thus improving user safety, efficiency and reducing operational costs.

FULLY FEATURED TETRA RADIOS WITH A LARGE, **HIGH RESOLUTION** COLOUR SCREEN

EMERGENCY OPERATION

THE EMERGENCY KEY IS LOCATED ON THE TOP OF THE RADIO IN A RECESS BETWEEN THE NAVI-KNOB™ AND THE ANTENNA - FACILITATING EASE OF ACTIVATION AND ENHANCING USER SAFETY.

NAVI-KNOB™ OPERATION

WHEN USED IN COMBINATION WITH THE MODE KEY, PROVIDES QUICK ACCESS TO TALKGROUPS, VOLUME ADJUSTMENTS, USER PROFILE SELECTION AND STATUS MESSAGING.

ERGONOMIC KEYPAD

LARGE, WELL-SPACED KEYS TO ENSURE EASY AND ACCURATE OPERATION - EVERY TIME.

CONNECTOR

LOCKABLE AND SECURE ACCESSORY CONNECTOR.

ANTENNA

RANGE OF ANTENNAS SUPPORTS BOTH OVERT AND SEMI COVERT OPERATION.

HI-RESOLUTION TRANSLUCENT SCREEN

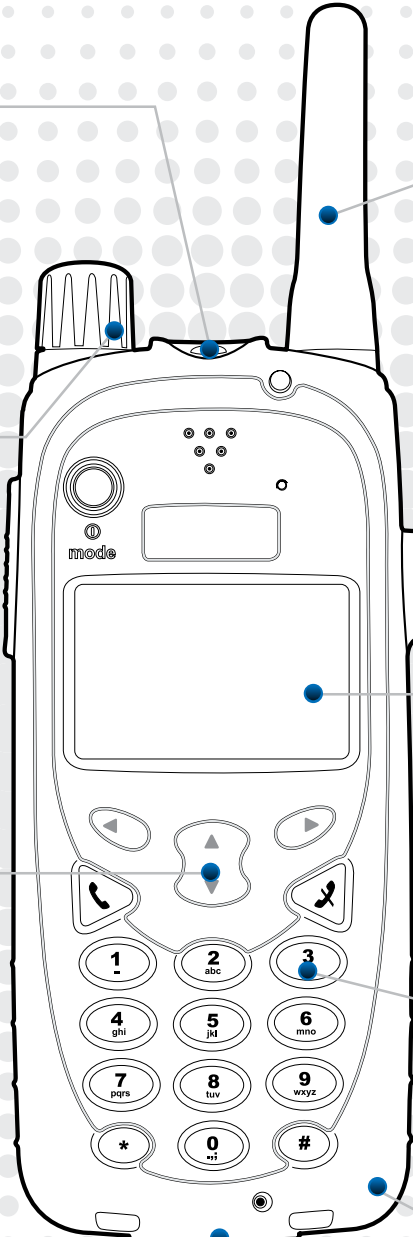
HIGH CONTRAST DISPLAY WORKS UNDER ANY LIGHTING CONDITION. COLOUR DISPLAY WHEN BACKLIGHT IS ON - AND GREYSCALE WHEN BACKLIGHT IS OFF.

FEATURE ACTIVATION KEYS

PROVIDE INSTANT ACCESS TO FEATURES VIA A SINGLE KEY PRESS - USED FOR RAPID NAVIGATION THROUGH THE USER MENU.

DMO REPEATER OPTION

COVERT AND GATEWAY RADIOS. 'REPEATS' DIRECT MODE VOICE AND DATA TRAFFIC, EXTENDING GEOGRAPHICAL COMMUNICATION RANGE BETWEEN PARTICIPATING RADIOS



TOUGH • HIGH PERFORMANCE • FEATURE RICH



SRH3900 HAND-HELD:

- High resolution TFT screen with 65K colours
- Loud, clear audio
- Fully integrated, ultra sensitive GPS option (SRH3900 sGPST™)
- User Interface supporting Latin, Arabic, Cyrillic, Chinese and Korean character sets
- End-to-End Encryption requires only a software upgrade for activation²
- DMO Repeater ready (frequency efficient Type 1A option) with Call Participation
- A wide range of market leading accessories
- Supported by Sepura's market-leading software tools, including Radio Manager

SRH3900 HAND-HELD:

The SRH3900's **transflective**¹ TFT, **high resolution** display is clearly visible under all lighting conditions, from complete darkness to the brightest, direct sunlight. The display offers a large viewable display area of 6 lines of 24 characters each and, all text can be displayed in **Large Format** (double normal size) to give better legibility.

The User Interface (UI) is common across the Sepura product portfolio. The easy-to-use, **quick access menu** significantly reduces training requirements and allows users to move between hand-held and vehicle radio types with ease and confidence.

Programmable **Feature Activation Keys** and configurable **User Profiles** allow complex functionality to be activated with a single key press.

Like all Sepura radios, the SRH3900 has loud, clear audio. Features such as Group Focus and Privacy Mode allow a user to further control the audio presentation to meet their operational situation.

Comprehensive support for TETRA data services means that both onboard and externally hosted data applications can send and receive information, using SDS or higher bandwidth multi-slot packet data services – further enhanced by Sepura's built-in **Short Data Applications** software and **WAP browsing capability**.

The SRH3900 has been designed to address the problem of eavesdropping, offering tamper proof security hardware, including a smart card connector. E2E encryption is conveniently enabled via a simple software upgrade².

The integrated, highly sensitive sGPST™ option is capable of processing low strength signals meaning, that 'clear sight of sky' signals are no longer essential and accurate positioning is available in many buildings and urban canyons. In addition to the standard position reporting, the SRH3900 sGPST™ can send its current GPS location when the Emergency Call or Lone Worker function is initiated.

Enhancements such as Position Assist, over the air management of the reporting parameters and location reporting to multiple addresses, ensure that users are safely served by Sepura's leading suite of location based capabilities.

The radio's DMO repeater (Type 1A) capability can be swiftly enabled via a simple software update. While in DMO mode, 'Call Participation' allows the radio user to join in speech calls, in the normal way – thereby remaining fully operational in addition to extending the radio coverage of the group.

Finally, the SRH3900 is fully compatible with the extensive range of 3000 Series accessories and battery chargers.

A lockable facility connector, located at the base of the radio, provides a secure, sturdy connection to voice accessories and external data devices.

¹ - This is an LCD technology in which the pixels are illuminated from both the front and back of the screen combining the transmissive and reflective illumination technologies.



SRH3900

HAND-HELD

| DIMENSIONS | DISPLAY AND USER INTERFACE | SECURITY |
|--|--|--|
| Height: 130mm Width: 58mm Depth: 30mm | Hi-resolution display (128 X 128) pixels, Transflective TFT screen with 65,536 colours Wide viewing angle and readable in complete darkness to bright sunlight Active area of 37 mm X 23 mm Normal & Large Text option (double the standard size) Invert screen Text Configurable backlight intensity Screensaver Privacy screen | Authentication Class 1, 2 and 3 TETRA Security Air Interface Encryption, TEA1/2 /3 /4 Supported ² PIN and PUK Entry Software Authenticity and protection employing Digital Signature Fully Integrated End to End hardware with tamper protection Public & private Algorithm E2E support enabled via software upgrade ² Multiple E2E Algorithm support ² Smart Card E2E Encryption support ² Temporary Disable/Enable Permanent Disable |
| WEIGHT | Configurable Soft Keys Vibrate Call/message Call History Telephone/Radio Phone Book (2000 entries) Phone Book (2000 entries) 9900 Talkgroups in TMO/DMO 5000 Multi-Level Talkgroup Folders Intelligent Search Facility Quick Groups Transmit Inhibit with on/off Status messaging Fixed & definable Scan Lists Remaining Charge Time Indication Independent Volume Control | DMO REPEATER SERVICES (LICENCE REQUIRED) |
| FREQUENCY BANDS | | DMO Voice Repeated DMO Tone Signalling Repeated Group Status & SDS Repeated Type 1A Efficient Operation over one Frequency Channel Presence Signal Support Emergency Call Monitoring & Participation in Calls |
| POWER SUPPLY | VOICE SERVICES | ACCESSORIES |
| 7.4V (nominal) Lithium Ion Intelligent Battery packs - 1230mAh Standard Pack 2000mAh High Capacity Pack Hot battery swap ¹ | Full Duplex Calls (to MS and PABX/PSTN) Half Duplex Calls (Individual and Group) Late Entry Priority Call Emergency Call (Pre-emptive Priority Call) Talking Party Identity Calling Line Identity Presentation DTMF Dialling Ambience Listening Privacy Mode Whisper Mode Group Focus Dynamic Group Number Assignment Background (hidden) Groups DMO Individual Call DMO Group Call DMO Emergency Call DMO Intelligent Emergency Call | Personal Charger Vehicle DC Charger 1+1 Desktop Charger 6+6 Desktop Charger 12 and 24 Way Battery only Chargers Wide Range of Antennas Stud and Belt Attachments Rugged Belt Clip Rugged and Soft Leather Cases Remote Speaker Microphone Hands-Free Kit Personal Ear Pieces Public Order Accessories Semi-Covert Accessories Feature-rich Car Kit Serial and USB Data Leads 4 & 8 Way Programming Pods |
| RF PERFORMANCE | LOCATION BASED SERVICES (SRH3900 SGPS™) | |
| 1W RF Power (customisable) Adaptive Power Control supported RF power control in 3 steps of 5dB Receiver (Class A and B) -112dBm static sensitivity -103dBm dynamic sensitivity | Fully Integrated GPS receiver - 182dBW (-152dBm) acquisition sensitivity - 185dBW (-155dBm) tracking sensitivity Over the Air GPS reporting using the following protocols: • ETSI Location Standard Reporting (LIP) • NMEA & • Sepura Compact Message Position Assist Over the Air GPS management Location reporting to two identities GPS based Compass ¹ | |
| PRODUCT PERFORMANCE | | |
| Dust & Water protection to IEC529 IP54 (Cat. 2) ETS 300 019 Drop & Vibration Storage Temp -40°C to +85°C ⁴ Operating Temp -20°C to +60°C | | |
| DATA SERVICES AND APPLICATIONS | | |
| Status Messaging (in TMO & DMO) SDS Messaging (in TMO & DMO) Concatenated SDS Messaging Remote control via Status triggered functions Multi-slot Packet Data Circuit Mode Data TETRA Pager and Call Out WAP Browsing Short Data Applications Lone Worker Feature SDS via DMO Gateway | | |
| CONNECTIVITY | | |
| TETRA V+D PEI Data via RS232 and USB Data Cables Audio Connections via Rugged Accessory Connector | | |

1 - Further information available on request

2 - Functionality is subject to an export licence

3 - Please contact Sepura Sales re option availability

4 - As defined in ETSI EN300 019-2-1 and EN300 019-2-2

Sepura's policy is to continually improve its products and services. The features and facilities described in this document were correct at publication, but are subject to change without notice.

© Sepura plc

For more information visit sepura.com

DN007 SRH3900 English / April 2011

ANNEX 4:

TC1 – THROAT MIC HEADSET IS – SAFE DATASHEET

TC-1 throat mic headset IS-safe – enables even whispered communication



A comfortable throat microphone for communication in high-noise environments or other extreme conditions. Enables even whispered communication.

TECHNICAL DATA

| | |
|------------------------------|---|
| WEIGHT | 90g |
| MICROPHONE | Vibration-sensitive, impedance 3500/300 Ohm @ 1 khz |
| SPEAKER IMPEDANCE | T-C/800 Ohm, T-M/35 Ohm |
| SPEAKER / MIC CABLE | 2.5mm dia, 290mm/195mm (PVC/PUR) |
| CABLE, COILED | ø 4mm, 380mm, PUR |
| CONNECTOR | 4-pole quick-release connector |
| OPERATING TEMPERATURE | -25 to +63oC (continuous) |

Designed for following uses and industries



KEY BENEFITS

- Versatile
- Comfortable and sensitive throat microphone
- Can be worn with or without helmet, with protective suits, mask unit, and hoods when boom microphone headset is not practical for wear
- Enables exceptional performance in high noise environments including whispered communication
- Flexible, washable fabric neck band
- Adapts to Savox Classic PTTs and RSMs
- D-shape speaker provides comfort for extended wear

ANNEX 5:

**RECULL
D'IMATGES DEL
PROCÉS I
REUNIONS**

